

**UFRRJ**

**PRÓREITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA  
TECNOLOGIA E INOVAÇÃO AGROPECUÁRIA**

**TESE**

**Efeito das Larvas de Besouro no Processo de  
Decomposição de Esterco de Coelho e Produção de  
Substratos Orgânicos para Mudanças de Hortaliças**

**Claudete Martins da Silva Pereira**

**2017**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA TECNOLOGIA E  
INOVAÇÃO AGROPECUÁRIA**

**EFEITO DAS LARVAS DE BESOURO NO PROCESSO DE  
DECOMPOSIÇÃO DE ESTERCO DE COELHO E PRODUÇÃO DE  
SUBSTRATOS ORGÂNICOS PARA MUDAS DE HORTALIÇAS**

**CLAUDETE MARTINS DA SILVA PEREIRA**

*Sob a Orientação da Pesquisadora*

**Adriana Maria de Aquino**

*e Coorientação do Pesquisador*

**Marco Antônio de Almeida Leal**

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutora**, no Curso de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Inovação Agropecuária. Área de Concentração em Agrobiologia

Seropédica - RJ  
Março de 2017

M436a Martins da Silva Pereira, Claudete , 1960-  
Efeito das larvas de besouro no processo de  
decomposição de esterco de coelho e produção  
de substratos orgânicos para mudas de hortaliças./  
Claudete Martins da Silva Pereira. - 2017.65 f.: il.

Orientadora: Adriana Maria de Aquino.  
Coorientador: Marco Antonio de Almeida Leal.

Tese (Doutorado). -- Universidade Federal Rural do  
Rio de Janeiro, PPGCTIA, 2017.

1. Compostagem. 2. Cetoniinae. 3.  
Vermicompostagem. 4. Oligochaeta. 5. Esterco. I.  
Maria de Aquino, Adriana, 1963-, orient. II. Antonio  
de Almeida Leal, Marco, 1966-, coorient. III  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.  
PPGCTIA. IV. Título.

É permitida a cópia parcial ou total desta Tese, desde que seja citada a fonte.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
PRO REITORIA DE PESQUISA E POS GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIENCIA TECNOLOGIA E INOVAÇÃO  
AGROPECUÁRIA**

**CLAUDETE MARTINS DA SILVA PEREIRA**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutora**, no Programa de Pós-graduação em Ciência Tecnologia e Inovação Agropecuária, Área de Concentração, Área de Concentração em Agrobiologia.

TESE APROVADA EM 30/03/2017.

---

Adriana Maria de Aquino. Dr<sup>a</sup> Embrapa Agrobiologia  
(Orientadora)

---

Pedro Paulo da Cunha Machado. Dr. IFRJ

---

Jamil de Moraes Pereira. Dr. IF Sul de Minas

---

Erika Flavia Machado Pinheiro. Dr<sup>a</sup> UFRRJ

---

Gabriel de Araújo Santos. Ph.D. UFRRJ

*“Por isso dediquei-me a aprender, a investigar, a buscar sabedoria  
e a razão de ser das coisas”  
Eclesiastes 7:25*

*Aos meus pais: Joaquim Domingos da Silva (in memoriam) e Severina Martins da Silva.  
Ao meu esposo, Roberto e meus filhos: Raphael, Gabriel, Beatriz e Natália.*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela permissão e pela força nessa jornada.

Ao meu pai Joaquim Domingos da Silva (in memoriam) que sempre me incentivou a prosseguir em busca de todas as conquistas. Saudade enorme!!!E minha mãe Severina Martins da Silva, por todo apoio e incentivo na minha formação.

Ao meu esposo Roberto pela paciência, amor e dedicação me acompanhando e incentivando a prosseguir.

Aos meus filhos, que souberam compreender minhas ausências, porém, cientes de que eram por uma boa causa.

À minha orientadora Dra. Adriana Maria de Aquino, pelo carinho, orientação e confiança desde o início na condução deste trabalho.

Ao Coorientador Dr. Marco Antônio de Almeida Leal, pela força, incentivo e apoio. Não tenho palavras para agradecer.

À acadêmica e amiga Milene pelo precioso apoio nas Análises no Laboratório de Matéria Orgânica da Embrapa Agrobiologia.

À Dra Elizabeth Correia, pelo conhecimento prestado e por oportunizar o desenvolvimento do experimento na Embrapa Agrobiologia.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, ao CTUR e ao Programa de Pós Graduação em Ciência, Tecnologia e Inovação em Agropecuária – PPGCTIA .

A todos os docentes e Coordenadores do PPGCTIA em especial a Dr<sup>a</sup> Lucia Anjos, por se colocar em defesa e manutenção desse importante curso para a Universidade.

À professora Dra. Erika Pinheiro pelo apoio nas análises no Laboratório de Solos da UFRRJ

Ao pesquisador Dr. Ednaldo da Silva Araújo e a Analista Dione pelo apoio com o experimento de produção de mudas na Fazendinha Agroecológica.

À amiga Camila Serena, que antes do início do doutorado me incentivou e ajudou a seguir em frente na “busca do novo e em prol da ciência”.

Ao Técnico Ernani Meirelles pelo apoio na Embrapa Agrobiologia

Ao laboratorista Roberto Silva. O Robertinho pelo precioso auxílio no preparo do local do experimento I na Embrapa Agrobiologia.

Ao Sr. Pedro do Setor de Cunicultura da UFRRJ, pela solidariedade.

À amiga Marinete pelo apoio prestado em muitos momentos.

Ao meu filho Gabriel pelo acompanhamento prestado na fase de experimento.

À Pesquisadora Dr<sup>a</sup> Janaina Rouws por toda ajuda prestada nas análises dos dados de toda minha pesquisa.

Ao Pequeno Grupo (PG): Nilza, Clelio, Irineia, Monique, Vagner, e Roberto, pelas orações e estímulo.

A todos os amigos e familiares que torceram ou contribuíram para conclusão deste trabalho.

Aos meus irmãos e cunhadas.

Meus sinceros agradecimentos

## **BIOGRAFIA**

Claudete Martins da Silva Pereira, filha de Severina Martins da Silva e Joaquim Domingos da Silva, nasceu na cidade de Recife – PE em 10 de dezembro de 1960. No ano de 1981 ingressou na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), onde obteve o título de Licenciada em Ciências Agrícolas em 1986. Em 1995 ingressou, por meio de concurso público no quadro de professores do Colégio Técnico da UFF, sendo transferida para a UFRRJ/ CTUR no ano 2000, onde permanece até os dias de hoje. Em 2005 obteve o título de Mestre em Educação Agrícola pelo Curso de Pós-graduação em Educação Agrícola (PPGEA). Em 2013 iniciou o doutorado no PPGCTIA da UFRRJ.

## RESUMO GERAL

PEREIRA, Claudete Martins da Silva. **Efeito das larvas de besouro no processo de decomposição de esterco de coelho e produção de substratos orgânicos para mudas de hortaliças** 2017. 65f. Tese (Doutorado em Ciência Tecnologia e Inovação em Agropecuária). Pró-reitoria de Pesquisa e Pós graduação, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2017.

A fertilidade do solo e a ciclagem de nutrientes são fundamentais para a produção agrícola. Muitos organismos exercem papel fundamental na decomposição da matéria orgânica presente na natureza. Dentre esses organismos, maior atenção e pesquisa devem ser direcionadas aos insetos coprófagos, por também transformarem resíduos da agropecuária, em material rico em nutrientes. As famílias de coleópteros atuam na fragmentação da matéria orgânica em decomposição (restos vegetais, madeira podre, palha, esterco, entre outros), participando da ciclagem de nutrientes, porém, pouco se conhece sobre o húmus produzido por outras espécies da fauna do solo que não sejam as minhocas. O objetivo deste trabalho foi estudar a compostagem de esterco de coelho por larvas de besouro em condições controladas e analisar o potencial de uso do composto produzido como substrato para produção de mudas de alface. Visando alcançar este objetivo, este trabalho foi realizado na Embrapa Agrobiologia em Seropédica, RJ, sendo dividido em duas etapas. No capítulo I, foi realizada a incubação de esterco de coelho por larvas de besouro e por minhocas, visando a produção do composto. Durante o decorrer do processo de compostagem, amostras foram coletadas aos 0, 30, 60 e 90 dias de incubação. Nessas amostras foram analisadas as seguintes variáveis, condutividade elétrica (CE), pH, teores de N, P, K, Ca e Mg e substâncias húmicas. No capítulo 2, os compostos de esterco de coelho produzidos foram avaliados como substratos para a produção de mudas de alface. As seguintes características foram avaliadas: porcentagem de germinação, altura da parte aérea, número de folhas, produção de massa fresca da parte aérea e da raiz, volume de raiz e estabilidade do torrão. Os resultados obtidos indicam que o substrato oriundo da compostagem de resíduos da cunicultura, realizada por larvas de cetoniinae, é tão eficiente quanto o substrato obtido através da vermicompostagem e o substrato comumente utilizado na Fazendinha km 47 para a produção de mudas de alface.

**Palavras-chave:** Compostagem. Cetoniinae. Vermicompostagem. Oligochaeta.

## GENERAL ABSTRACT

PEREIRA, Claudete Martins da Silva. **Effect of the beetle's larvae in the process of decomposition of rabbit manure and production of organic substrates to vegetable seedlings.** 2017. 65p. Thesis (Doctorate in Science, Technology and Innovation in Agriculture). Pró-reitoria de Pesquisa e Pós graduação, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2017.

The soil's fertility and nutrient cycling are essential for agricultural production. Many organisms play a key role in the decomposition of organic matter present in nature. Among these organisms, more attention and research should be directed to the coprophagous insects. They transform agricultural residues in material rich in nutrients. Coleoptera families act in the fragmentation of decomposing organic matter (vegetal remains, rotten wood, straw, manure, among others), participating in the cycling of nutrients, but little is known about the humus produced by other species of the fauna of the soil beyond the earthworms. The objective of this work was to study compost from rabbit manure processed by beetle larvae under controlled conditions, and to analyze the potential of usage of this compost as substrate for lettuce seedlings production. To reach this goal, the study was accomplished in Embrapa Agrobiologia, Seropédica (RJ), and it was divided in two phases. In the first chapter, the rabbit manure by beetle larvae and earthworms were incubated, aiming the compost production. During the course of the composting process, samples were taken at 0, 30, 60 and 90 days of incubation. In these samples the variables analyzed were: electrical conductivity (EC); pH; contents of N, P, K, Ca and Mg; and humic substances. In the second chapter the rabbit manure compost produced were evaluated as substrates for lettuce seedlings production. The following characteristics were evaluated: germination percentage, aerial part's height, number of leaves, production of fresh mass of aerial part and of the root, root volume and clod stability. The results indicated that the substrate of the cuniculture residue compost processed by cetoniinae larvae was as efficient as the substrate from vermicomposting, and the substrate commonly used in the experimental research site (Fazendinha km 47) for production of lettuce seedlings.

**Keywords:** Composting. Cetoniinae. Vermicomposting. Oligochaeta.

## RESUMEN AMPLIADO

PEREIRA, Claudete Martins da Silva. **Efecto de las larvas de escarabajo en el proceso de descomposición de estiércol de conejo y producción de sustratos orgánicos para mudas de hortalizas.** 2017. 65f. Tesis. (Doctorado en Ciencia, Tecnología e Innovación en la Agricultura). Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2017.

### 1. Introducción

La agricultura constituye uno de los pilares de un desarrollo que pretende ser sostenible, pues los sistemas agrícolas interactúan con los procesos ecológicos de carácter global tales como los regímenes de agua, los ciclos energéticos y fotosintéticos, la diversidad biológica, mantenimiento y utilización sostenible de los recursos naturales entre otros (CARMO 2004). A medida que la necesidad de producir alimentos avanza para atender una demanda cada vez más creciente, el surgimiento de una conciencia sobre la biodiversidad, trae grandes preocupaciones relacionadas con las pérdidas de especies y la contaminación del suelo y del agua, principalmente por el uso de fertilizantes y defensivos químicos. Sin embargo, las formas de cultivo basadas en prácticas agrícolas sostenibles han contribuido a mantener la biodiversidad, como los agroecosistemas, que contienen componentes bióticos y abióticos, siendo que la población vegetal cultivada ocupa nicho especial en el sistema, desempeñando importante papel en el flujo de energía y el ciclo de nutrientes (ALTIERI, 2002).

La biodiversidad favorece la prestación de servicios por varios organismos vivos que afectan en última instancia, procesos naturales como el control biológico, el ciclo de nutrientes, la polinización, la dispersión de semillas, el mantenimiento y la formación de suelos, la fijación biológica de nitrógeno, la fijación de carbono, el oxígeno, la descontaminación de los cuerpos de agua, el balance climático, entre otros. (MYERS, 1996).

De esta forma, la fertilidad del suelo y el ciclo de nutrientes son fundamentales para la producción agrícola, y es en este contexto que las actividades de insectos coprófagos, específicamente escarabajos, merecen atención e investigación, por ser transformadores de residuos de la agropecuaria en material rico en nutrientes. Así, diversos coleópteros actúan en la fragmentación de la materia orgánica en descomposición (restos vegetales, madera podrida, paja, entre otros), participando en el ciclo de nutrientes, contribuyendo de esta manera a la fertilidad y estructura del suelo.

Sin embargo, poco se conoce sobre el humus producido por otras especies de la fauna del suelo, que no sean las lombrices, HALFFTER y MATTHEWS (1966); HANSKI y CAMBEFORT (1991) al investigar los insectos adultos y larvas de la familia Scarabaeidae verificaron que estos se alimentan principalmente de heces, frutos y canales en estado de descomposición, siendo este comportamiento de fundamental importancia principalmente en el ciclo de nutrientes, en los diferentes ecosistemas.

Los escarabajos coprófagos constituyen actualmente, el medio más práctico y viable de que se dispone para la desestructuración de las masas de estiércol bovino en los pastizales. La actividad de estos coleópteros, además de auxiliar en el mejor aprovechamiento del pastoreo, colabora también para la reducción poblacional de organismos indeseables. Las porciones de masas de estiércol que esos insectos entierran a profundidades variables en el suelo y las galerías que cavan en ese proceso alteran las características físico-químicas del suelo (AIDAR et al., 2000).

Las larvas de scarabaeideos fueron observadas alimentándose de estiércol de conejo en el Sector de Cunicultura de la UFRRJ. Así, este trabajo tuvo como objetivo, identificar la

especie de escarabajo y evaluar el potencial del compuesto resultante de la coprofagia de estiércol de conejos por las larvas de estos insectos, en la producción de plántulas de hortalizas.

## **2. Evaluación de diferentes procesos de incubación de estiércol de conejo.**

La investigación fue realizada en el campus de la Universidad Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) y en la Embrapa Agrobiología. La recolección de los insectos ocurrió en el Sector de Cunicultura de la UFRRJ para identificación y obtención de las larvas para montaje del experimento en la Embrapa Agrobiología.

La incubación de estiércol de conejo resultó en un compuesto orgánico y consistió en 3 tratamientos y 4 repeticiones: estiércol de conejo digerido por lombrices (T1), estiércol de conejo digerido por larvas de coleóptero (T2) y testigo estiércol de conejo (T3) en un delineamiento experimental totalmente aleatorizado con tres tratamientos y cuatro repeticiones. El análisis estadístico fue realizado por medio de la aplicación inicial de la prueba de normalidad, siendo que los datos considerados no normales sufrieron transformación de Log (x). A continuación, fue realizado el análisis de varianza del esquema parcela subdividida, con tratamiento en la parcela y época de muestreo en la sub-parcela. La comparación de las medias se realizó mediante la prueba de Skott-Knott.

La recolección de las muestras, para hacer la caracterización del material fue realizada al inicio del tratamiento, y a los 30, 60 y 90 días.

Fueron analizadas las variables: número de días hasta la total degradación de los compuestos, que ocurrió a los 90 días, conductividad eléctrica, pH, relación C/N, cantidad de N, P, K, Ca y Mg, emisiones de CO<sub>2</sub> y NH<sub>3</sub> y análisis para cuantificar las proporciones de ácido húmico (AH), ácido fúlvico (AF) y sustancias húmicas (AF + AH).

## **3. Evaluación de los compuestos producidos a partir del estiércol de conejo como sustratos para las plántulas de lechuga.**

El experimento fue conducido en casa de vegetación, en el Sistema Integrado de Producción Agroecológica (SIPA), en el área de producción conocida como “Fazendinha Agroecológica”, ubicada en Seropédica-RJ, situada a 26 m de altitud (coordenadas 22° 45' S y 43° 40' O).

Los compuestos de estiércol de conejo producidos se evaluaron como sustratos para la producción de plántulas de lechuga. Fue utilizado un delineamiento experimental totalmente aleatorizado con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, a seguir: T1 - vermicompost, T2 - Cetoniinae compuesto, T3 - estiércol compostado, siendo estos obtenidos a partir de estiércol de conejo y T4 - sustrato utilizado en el SIPA, constituido por 83% de humus producidos con estiércol bovino + 15% de fino de carbón + 2% de torta de ricino. Cada tratamiento fue acondicionado en bandejas de poliestireno con 200 células. Se evaluaron las siguientes características: porcentaje de germinación, altura de la parte aérea, número de hojas, producción de masa fresca de la parte aérea y de la raíz, volumen de la raíz y estabilidad del terrón.

## **4. Conclusiones**

La especie de escarabajo identificada como *Gymnnetis Chalcipes*, que fue utilizada en la presente investigación, pertenece a la subfamilia Cetoniinae. En el estiramiento de los conejos y las larvas, al alimentarse de ese estiércol, producen coprolitos que en este trabajo se denominó Cetoniinae compuesto, con potencial para ser utilizado como sustrato en la producción de plántulas de lechuga.

Los productos de la incubación de estiércol de conejo obtenidos por larva de Cetoniinae (Cetoniinae compuesto), o por las lombrices (vermicompost) y sin ambos organismos fueron similares en la mayoría de las características evaluadas. Pero a lo largo de los 90 días, los tratamientos con lombriz y larva tienen menor pérdida de  $\text{NH}_3$ .

El Cetoniinae compuesto estabilizado, teniendo el estiércol de conejo como materia prima, puede ser utilizado como sustrato orgánico, para plántulas de hortalizas producidas por el sistema de bandejas en ambiente protegido y es tan eficiente como el sustrato obtenido a través del vermicompostaje y el sustrato SIPA en relación al sustrato producido por el compostaje natural para la producción de plántulas de lechuga. El Sustrato Cetoniinae compuesto también presentó mayores contenidos disponibles de N, P, Mg, K. La estabilidad del terrón, factor importante en la producción de plántulas de hortalizas, obtuvo los mejores resultados en los sustratos Cetoniinae compuesto y vermicompost.

**Palabras claves:** Cetoniinae compuesto. Estiércol. Materia orgánica.

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ciclo biológico de besouros da subfamília Cetoniinae.....	14
<b>Figura 2</b> Sistema digestivo da minhoca .....	17
<b>Figura 3</b> Diferentes métodos de incubação do esterco de coelho .....	19
<b>Figura.4.</b> Tratamentos com tela de mosquiteiro.....	20
<b>Figura.5.</b> <i>Gymnetis Chalcipes</i> .....	22
<b>Figura 6.</b> Valores de pH observados durante a compostagem de esterco de coelho realizada por meio de diferentes processos de incubação. (média de quatro repetições + erro padrão) .....	24
<b>Figura 7:</b> Valores de condutividade elétrica (CE) observados durante a compostagem de esterco de coelho realizada por meio de diferentes processos de incubação. (média de quatro repetições + erro padrão).....	25
<b>Figura 8:</b> Valores de densidade observados durante a compostagem de esterco de coelho realizada por meio de diferentes processos de incubação. (média de quatro repetições + erro padrão).....	25
<b>Figura.9:</b> Emissões de CO <sub>2</sub> observadas durante a compostagem de esterco de coelho realizada por meio de diferentes processos de incubação. (média de quatro repetições + erro padrão).....	26
<b>Figura 10:</b> Emissões de NH <sub>3</sub> observadas durante a compostagem de esterco de coelho realizada por meio de diferentes processos de incubação. (média de quatro repetições + erro padrão).....	27
<b>Figura 11:</b> Teores totais de N observados durante a compostagem de esterco de coelho realizada por meio de diferentes processos de incubação. (média de quatro repetições + erro padrão).....	28
<b>Figura 12:</b> Teores de N disponível observados durante a compostagem de esterco de coelho realizada por meio de diferentes processos de incubação. (média de quatro repetições + erro padrão).....	28
<b>Figura13:</b> Proporções (%) entre valores disponíveis e totais de N observadas durante a compostagem de esterco de coelho realizada por meio de diferentes processos de incubação. (média de quatro repetições + erro padrão).....	29
<b>Figura 14:</b> Teores totais de Ca observado durante a compostagem de esterco de coelho realizada por meio de diferentes processos de incubação. (média de quatro repetições + erro padrão).....	29
<b>Figura 15:</b> Teores de Ca disponível observados durante a compostagem de esterco de coelho realizada por meio de diferentes processos de incubação. (média de quatro repetições + erro padrão).....	30
<b>Figura 16:</b> Proporções (%) entre valores disponíveis e totais de Ca observadas durante a compostagem de esterco de coelho realizada por meio de diferentes processos de incubação. (média de quatro repetições + erro padrão).....	30

<b>Figura 17:</b> Teores totais de P observados durante a compostagem de esterco de coelho realizada por meio de diferentes processos de incubação. (média de quatro repetições + erro padrão).....	31
<b>Figura 18:</b> Teores de P disponível observados durante a compostagem de esterco de coelho realizada por meio de diferentes processos de incubação. (média de quatro repetições + erro padrão).....	31
<b>Figura 19:</b> Proporções (%) entre valores disponíveis e totais de P observadas durante a compostagem de esterco de coelho realizada por meio de diferentes processos de incubação. (média de quatro repetições + erro padrão).....	31
<b>Figura 20:</b> Teores totais de K observados durante a compostagem de esterco de coelho realizada por meio de diferentes processos de incubação. (média de quatro repetições + erro padrão).....	32
<b>Figura 21:</b> Teores de K disponível observados durante a compostagem de esterco de coelho realizada por meio de diferentes processos de incubação. (média de quatro repetições + erro padrão).....	32
<b>Figura 22:</b> Proporções (%) entre valores disponíveis e totais de K observadas durante a compostagem de esterco de coelho realizada por meio de diferentes processos de incubação. (média de quatro repetições + erro padrão).....	33
<b>Figura 23.</b> Casa de Vegetação no SIPA .....	53
<b>Figura 24.</b> Semeadura de Alface.....	53
<b>Figura 25:</b> Valores de pH observados em diferentes substratos durante o desenvolvimento de mudas de alface. (média de quatro repetições + erro padrão).....	59
<b>Figura 26:</b> Valores de condutividade elétrica (CE) observados em diferentes substratos durante o desenvolvimento de mudas de alface. (média de quatro repetições + erro padrão). .....	59

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Classificação científica do besouro decompositor das fezes de esterco de coelho.....	22
<b>Tabela 2:</b> Resultados da análise de variância do esquema parcela dividida, com tratamento na parcela e tempo de incubação na sub-parcela, apresentado os níveis de significância de cada fator e da interação entre os fatores, e os coeficientes de variação das parcelas e das sub-parcelas.....	23
<b>Tabela 3:</b> Caracterização química dos substratos produzidos após o período de incubação 90 dias do esterco de coelho com larva, com minhoca e testemunha.....	34
<b>Tabela 4:</b> Valores de pH, condutividade elétrica (CE), teores de C e N (em g kg <sup>-1</sup> ) e relação C:N dos substratos utilizados nos experimentos com mudas de alface.....	55
<b>Tabela 5:</b> Teores totais de macronutrientes (N, Ca, Mg, P e K) dos substratos utilizados nos experimentos com mudas de alface.....	55
<b>Tabela 6:</b> Teores disponíveis de macronutrientes (N, Ca, Mg, P e K) dos substratos utilizados nos experimentos com mudas de alface.....	56
<b>Tabela 7:</b> Proporção (%) dos teores disponíveis de macronutrientes (N, Ca, Mg, P e K) em relação aos teores totais dos substratos utilizados nos experimentos com mudas de alface.....	56
<b>Tabela 8:</b> Valores de densidade aparente, densidade da partícula, porosidade total, microporosidade e macroporosidade dos substratos utilizados nos experimentos com mudas de alface.....	57
<b>Tabela 9:</b> Germinação, altura, número de folhas e massa fresca da parte aérea de mudas de alface produzidas com diferentes substratos orgânicos.....	57
<b>Tabela 10:</b> Massa fresca de raiz, volume de raiz e estabilidade do torrão de mudas de alface produzidas com diferentes substratos orgânicos.....	58
<b>Tabela 11:</b> Resultados da análise de variância do esquema parcela dividida, com tratamento na parcela e tempo de desenvolvimento das mudas na sub-parcela, apresentado os níveis de significância de cada fator e da interação entre os fatores, e os coeficientes de variação das parcelas e das sub-parcelas.....	58

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL.</b> .....	1
<b>CAPITULO I</b> .....	2
AVALIAÇÃO DE DIFERENTES PROCESSOS DE INCUBAÇÃO DE ESTERCO DE COELHO NA PRODUÇÃO DE UM COMPOSTO A SER UTILIZADO COMO SUBSTRATO NA PRODUÇÃO DE ALFACE.	
1. RESUMO .....	3
2. ABSTRACT.....	4
3. INTRODUÇÃO .....	5
4. REVISÃO DE LITERATURA .....	6
4.1. Compostagem .....	6
4.2. A Fauna do Solo.....	9
4.3. Coleópteros: Família Scarabaeidae e a Relação com Fezes de Animais .....	10
4.3.1. O potencial dos besouros Cetoniinae na decomposição da matéria orgânica .....	11
4.3.2. Aspectos ecológicos e biológicos dos Cetonineos .....	12
4.3.3. Ciclo de vida dos Cetoniinae.....	13
4.4. Minhocas - Aspectos Comportamentais desses Organismos no Processo de Transformação de Resíduos Orgânicos.....	14
4.5. Sistema Digestivo da Minhoca e sua Importância no Processo de Decomposição.....	16
4.6. Esterco de Coelho.....	18
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
5.1 Identificação do Coleóptero que Decompõe as Fezes do Coelho.....	19
5.2. Avaliação dos Atributos Físicos e Químicos na Incubação de Esterco de Coelho com Larvas de Besouro e Minhocas.....	19
5.3. Avaliação dos Compostos.....	20
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
6.1. Identificação do Coleóptero que Decompõe Esterco de Coelho .....	22
6.2. Incubação do Esterco de Coelho por Diferentes Agentes Decompositores .....	22
7. CONCLUSÕES .....	35
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
<b>CAPITULO II</b> .....	45
AVALIAÇÃO DOS COMPOSTOS PRODUZIDOS A PARTIR DO ESTERCO DE COELHO COMO SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE	
1. RESUMO .....	46

2. ABSTRACT.....	47
3. INTRODUÇÃO .....	48
4. REVISÃO DE LITERATURA .....	49
4.1. Substratos para Mudanças de Hortaliças.....	49
4.1.1. Propriedades químicas.....	49
4.1.2 Propriedades físicas.....	50
4.1.3. Propriedades biológicas.....	51
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	53
5.1. Localização e Implantação do Experimento .....	53
5.2. Avaliação das Características dos Substratos .....	54
5.3. Avaliações das Mudanças de Alface.....	54
6.RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	55
6.1. Caracterização dos Substratos.....	55
6.2. Desenvolvimento das Mudanças de Alface em Diferentes Substratos .....	57
6.3. Variação do pH e da Condutividade Elétrica dos Substratos Durante o Desenvolvimento das Mudanças de Alface .....	58
7. ....	61
CONCLUSÕES .....	61
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62

## 1.INTRODUÇÃO GERAL

Para atender a demanda de produção de alimentos cada vez mais crescente, o modelo de agricultura convencional amplamente utilizado não é o mais adequado pois, agride o solo e coloca em risco a biodiversidade. É necessário buscar práticas alternativas e sustentáveis, valorizando o potencial do material orgânico existente nas propriedades agrícolas.

De acordo como o Ministério da Agricultura, atualmente existem 15.000 mil produtores orgânicos no Brasil e a perspectiva é de ampliação. A agricultura orgânica preconiza o uso dos resíduos orgânicos bioestabilizados (Instrução Normativa nº 46, de outubro de 2011), sendo de fundamental importância estabelecer alternativas para a produção dos adubos orgânicos. Além disso, os resíduos orgânicos gerados pelas diversas atividades humanas têm causado muitos prejuízos ao meio ambiente, conseqüentemente à qualidade de vida, tornando-se necessário a busca de um manejo adequado destes resíduos e de novas pesquisas que possibilitem aumentar e melhorar a produção orgânica de alimentos.

Nesse contexto, os resíduos orgânicos podem ser transformados pelo processo de compostagem, vermicompostagem e biodigestão anaeróbia e aeróbia, em fonte de nutrientes para a produção agrícola ou como condicionadores do solo. Podem também ser utilizados como substrato na produção de mudas de hortaliças.

A matéria orgânica é, portanto, considerada um elemento importante na produção vegetal porque favorece a formação de agregados no solo facilitando a penetração das raízes e criando um ambiente favorável à vida no solo. Muitos organismos atuam diretamente na decomposição dos resíduos orgânicos e a ação fragmentadora das minhocas auxilia nesse processo. Mas, outros organismos que compõem a biota do solo também são de relevada importância na decomposição da matéria orgânica, dentre estes, pode-se citar os diplópodes, os térmitas, bem como os coleópteros coprófagos (família Scarabaeidae), além de fungos, bactérias e actinomicetos.

A possibilidade de uso de resíduos como fonte de nutrientes é mais uma razão para que estudos de aproveitamento e destino adequado de resíduos sejam realizados. A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) mantém criações de animais que geram dejetos como o esterco de boi, de cabra, de porco, de cavalo, e de coelhos. Ocorre que, no setor de Cunicultura tem sido observada espécie de besouros presentes nas fezes dos coelhos que fazem a compostagem desses estercos. No entanto, existem poucas informações sobre a ocorrência desses besouros, o impacto dos besouros coprófagos na decomposição das fezes dos coelhos e a qualidade desse material gerado.

Nesse sentido o trabalho teve como objetivo geral avaliar o efeito das larvas de besouro no processo de decomposição de esterco de coelho e a produção de substratos orgânicos para mudas de hortaliças. Os objetivos específicos foram:

- Identificar a espécie de Scarabaeidae na fase larval, que exerce ação copronecrófaga em fezes de coelho presentes no Setor de Cunicultura da UFRRJ;
- Avaliar os atributos físicos e químicos do produto da incubação de esterco de coelhos por larvas de besouros e minhocas
- Avaliar o potencial do composto resultante da compostagem de esterco de coelho por larvas de besouro, como substrato na produção de mudas de hortaliças

Para alcançar os objetivos propostos, foram realizados dois experimentos, agrupados em dois Capítulos. No Capítulo I, foi identificado o besouro cuja larva decompõe as fezes do coelho e produzidos e avaliados os compostos orgânicos com esterco de coelho. No Capítulo 2, os compostos obtidos foram avaliados como substratos para produção de mudas de alface.

## **CAPITULO I**

# **AVALIAÇÃO DE DIFERENTES PROCESSOS DE INCUBAÇÃO DE ESTERCO DE COELHO NA PRODUÇÃO DE UM COMPOSTO A SER UTILIZADO COMO SUBSTRATO NA PRODUÇÃO DE ALFACE**

## 1. RESUMO

As famílias de coleópteros atuam na fragmentação da matéria orgânica em decomposição (restos vegetais, madeira podre, palha, esterco, entre outros), participando da ciclagem de nutrientes e contribuindo desta maneira para a fertilidade e estrutura do solo. Os objetivos deste capítulo foram: i) identificar espécie de besouro que faz a oviposição nas fezes de coelho do Setor de Cunicultura, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e analisar o material resultante da ação coprocófila das larvas desse coleóptero, comparando quimicamente com o húmus de minhoca e o esterco compostado. O experimento foi conduzido na Embrapa Agrobiologia, no município de Seropédica (RJ). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 3 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos avaliados foram: esterco de coelho decomposto por minhocas (T1), esterco de coelho decomposto por larvas de coleóptero (T2) e testemunha (esterco de coelho compostado sem a introdução de organismos (T3)). A coleta de amostras do material orgânico para análise foi realizada no início da incubação (tempo 0) e, aos 30, 60 e 90 dias de incubação. Foram analisadas as seguintes variáveis: condutividade elétrica (CE), pH, teores de N, P, K, Ca e Mg, e substâncias húmicas. Os resultados obtidos indicam que a espécie que faz a oviposição no esterco de coelhos é o *Gymnetis Chalcipes*, que pertence a subfamília Cetoniinae. As larvas dessa espécie fazem a compostagem do esterco de coelho, denominado nessa tese como Cetoniinae composto. Os compostos de esterco de coelho produzidos por larvas de Cetoniinae (Cetoniinae composto), por minhocas (Vermicomposto) e Esterco compostado não apresentaram diferença significativa para a maioria das características químicas e físicas avaliadas.

**Palavras-chave:** Compostagem. Esterco. Larvas

## 2. ABSTRACT

The coleoptera families acts in the decomposition of organic matter (vegetal remains, rotten wood, straw, manure, among others), participating in the cycling of nutrients and contributing to the way of a fertility and soil structure. The objectives of this chapter are: to identify the species of beetle that makes an oviposition in the feces of rabbit of the Sector of rabbit breeding, of Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), and to analyze the material resulting from the coprocrophic action of coleopteran larvae, comparing chemically with humus from earthworm and composted manure. The experiment was conducted at Embrapa Agrobiologia, Seropédica (RJ). The experimental design was completely randomized with 3 treatments and 4 replicates. The treatments evaluated were: rabbit manure decomposed by earthworms (T1), rabbit manure decomposed by coleopteran larvae (T2) and witness (rabbit manure composted without introduction of organisms (T3). The sampling of the organic material was performed at the beginning of incubation (time 0) and at 30, 60 and 90 days of incubation. The following variables were analyzed: electrical conductivity (EC), pH, levels of N, P, K, Ca and Mg and chemical substances. The results indicate that the species that does a rabbit dung without oviposition is the *Gymnnetis Chalcipes*, which belongs to a subfamily Cetoniinae. The larvae of this species they make a composition of rabbit manure, termed in this thesis as Cetoniina e composto. The rabbit manure compounds produced by Cetoniinae (Cetoniinae composto) larvae, by earthworms (Vermicomposto) and composted manure did not present the significant difference for most of the chemical and physical characteristics evaluated.

Key words: Composting. Manure. Larvae.

### 3. INTRODUÇÃO

Materiais orgânicos estão entre os resíduos que têm sido considerados como um dos principais problemas ambientais gerados pela sociedade moderna, e a compostagem é uma forma de diminuir a quantidade de resíduos gerados pelo consumo, tanto da população quanto das propriedades rurais produtivas. Reaproveitar dejetos animais, como fertilizante e substratos nas áreas de produção agropecuária, é uma alternativa capaz de reduzir os custos da implantação e manutenção das lavouras através da reposição de nutrientes assimilados e exportados pelas culturas na ocasião da colheita ou pastejo.

Resíduos orgânicos podem ser transformados através da compostagem ou da ação de organismos da fauna do solo. Desta forma, a transformação da matéria orgânica é resultante da ação combinada da macro e mesofauna (minhocas, formigas, besouros e ácaros) e de diferentes comunidades de microrganismos (incluindo bactérias, actinomicetes, leveduras e fungos) que predominam em diferentes fases da compostagem.

A compostagem é o processo biológico de decomposição e de reciclagem da matéria orgânica em que os microrganismos são responsáveis pela degradação de matéria orgânica formando um composto que pode ser utilizado na formulação de substratos para produção de mudas. O húmus de minhoca tem sido utilizado como substrato para produção de mudas. Aquino e Loureiro (2004) destacam que o húmus de minhoca constitui um excelente fertilizante orgânico, sendo capaz de melhorar os atributos químicos, físicos e biológicos do solo, podendo ser utilizado também para a produção de mudas. Araújo Neto et al. (2009) também citam que o húmus de minhoca por ser rico em fósforo, cálcio e potássio, pode fazer parte da composição de substratos para produção de mudas orgânicas.

Desta forma, buscando avançar na pesquisa sobre organismos que transformam resíduos orgânicos, influenciando na ciclagem de nutrientes e observando que larvas de besouros coleópteros se alimentam de esterco de coelho e produzem material compostado, o objetivo desse capítulo foi identificar a espécie de Coleóptero que na fase larval faz a compostagem no esterco de coelho e caracterizar o material compostado por essa espécie, comparando com esterco vermicompostado e o compostado.

## 4. REVISÃO DE LITERATURA

É cada vez mais crescente a busca por alternativas sustentáveis que garantam a produção de alimentos, valorizando o potencial dos agroecossistemas. Alguns autores têm evidenciado o potencial dos ecossistemas e a natureza cíclica existente.

A agricultura do século XXI tem como desafio ser uma agricultura de precisão, na qual estão envolvidas questões de controle de qualidade das matérias-primas usadas na agricultura, seja de origem orgânica ou sintética e a recuperação e reutilização de materiais residuais constitui hoje uma premissa de subsistência a nível mundial. As soluções para o uso destes materiais de forma eficiente no futuro podem estar combinadas com as técnicas existentes e tradicionais e já inseridas nas técnicas atuais agrícolas de alta precisão (GARCÍA et al., 2013).

Capra (2004) evidencia que a natureza cíclica dos processos ecológicos é um importante princípio da ecologia. Os laços de realimentação dos ecossistemas são as vias ao longo do qual os nutrientes são continuamente reciclados. Sendo os sistemas abertos, todos os organismos de um ecossistema produzem resíduos, mas o que é resíduo para uma espécie é alimento para outra, de modo que o ecossistema como um todo permanece livre de resíduos (OLIVEIRA, 2005).

O desenvolvimento de trabalhos que visam investigar indicadores biológicos de qualidade ambiental em agroecossistemas é muito importante na identificação dos sistemas de manejo sua interferência direta ou indireta sobre a biodiversidade do solo, na ciclagem de nutrientes e na dinâmica da matéria orgânica, para definir estratégias de manejo que possam resultar em sistemas de produção mais sustentáveis e constituir uma base de dados biológicos para subsidiar estudos sobre o impacto dos sistemas agrícolas nas propriedades físico-químicas (GOULART, 2007).

Gliessman (2009) afirma que macro e micronutrientes são absorvidos por organismos e armazenados na biomassa viva, morta ou na matéria orgânica. Se uma quantidade grande for perdida ou removida de um determinado sistema, ele pode se tornar limitante para crescimento e desenvolvimento posteriores. Os componentes biológicos de cada sistema são muito importantes para determinar a eficiência com que os nutrientes se movem, assegurando que o mínimo seja perdido e o máximo seja reciclado. A produtividade pode tornar-se intimamente relacionada às taxas de reciclagem dos nutrientes.

Nesse sentido, a compostagem de resíduos pode ser uma solução aos agroecossistemas.

### 4.1 Compostagem

A compostagem é o processo de decomposição e estabilização biológica dos substratos orgânicos, sob condições que favorecem o desenvolvimento de temperaturas termofílicas, as quais resultam da produção biológica de calor. O produto obtido através do método da compostagem denomina-se composto ou composto orgânico KIEHL (1998).

O termo compostagem diz respeito a decomposição, associada com a manipulação do material orgânico pelo homem, que através da observação do que acontecia na natureza desenvolveu técnicas para acelerar a decomposição e produzir compostos orgânicos que atendessem rapidamente as suas necessidades.

Kiehl (1998) relatou que durante o processo de compostagem é possível observar três fases distintas: uma primeira inicial e rápida de fitotoxicidade ou de composto cru ou imaturo, seguida de uma segunda fase de semi-cura, para atingir finalmente a terceira fase, a humificação, acompanhada da mineralização de determinados componentes da matéria orgânica.

Segundo Aquino (2005), os resíduos orgânicos sofrem transformações metabólicas, desde que, fornecidas às condições de umidade, aeração e microrganismos como bactérias, fungos, actinomicetos, protozoários, algas, além de larvas de insetos, que têm na matéria orgânica *in natura* sua fonte de matéria e energia. Como resultado da digestão da matéria orgânica por esses organismos, ocorre à liberação de nutrientes como o nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio. Ou seja, esses elementos, antes imobilizados na forma orgânica, tornam-se disponíveis para as plantas num processo conhecido como mineralização.

O carbono e o nitrogênio são os elementos mais importantes para a decomposição microbiológica. O carbono é fonte básica de energia para as atividades vitais dos microrganismos. Já o nitrogênio é um componente essencial das proteínas, ácidos nucleicos, aminoácidos, enzimas e coenzimas necessárias ao crescimento e funcionamento celular. Na decomposição, os microrganismos utilizam em torno de 25 a 30 partes de carbono para cada parte de nitrogênio assimilada (CASTILLO et al., 2010).

### **a) Maturidade do composto**

Segundo Kiehl (1998) a maturidade do composto ocorre quando a decomposição microbiológica se completa e a matéria orgânica é transformada em húmus.

Os microrganismos que realizam a decomposição da matéria orgânica absorvem carbono (C) e nitrogênio (N), sendo o tempo necessário para que ocorra a decomposição e a consequente mineralização, governado pela relação entre C e N da matéria-prima. A relação C/N é um importante parâmetro para determinar o grau de maturidade do composto, além de ser um importante indicador da taxa de mineralização de nitrogênio dos resíduos orgânicos quando esses são adicionados ao solo. A adição ao solo de resíduos pobres em N e com a relação C/N elevada pode levar a uma competição pelo N disponível entre as plantas e os microrganismos do solo, causando deficiência de N nas culturas, enquanto que uma relação C/N baixa implica em maior quantidade de N mineralizado ou ausência de imobilização líquida de N. O teor de N dos resíduos a serem decompostos deve ter teoricamente 1,7%, quando o conteúdo é inferior a esse valor, o tempo de decomposição será maior (Kiehl, 1985). Para que todo o ciclo esteja completo são necessários, aproximadamente, de 90 a 120 dias após a mistura dos materiais orgânicos (dependendo da relação C: N do resíduo), tendo como resultado um composto normalmente escuro e de textura turfa, utilizado como condicionador de propriedades físicas e biológicas do solo, assim como, um composto fertilizante que fornece os nutrientes essenciais para o suprimento das plantas.

A cor é um importante indicador da maturidade do composto, pois à medida que avança o processo de humificação da matéria orgânica, mais escuro o composto se apresenta. Corroborando com isto, Bernal et al., (1996) afirma que o grau de humificação tem sido usado como referência para saber se e quando um processo de compostagem foi completado, ou seja, o material está maduro.

### **b) Estabilidade do composto**

O composto estará pronto para uso, no momento em que sua temperatura se mantém constante durante a movimentação do material (JIMENEZ et al., 1989). Assim, a estabilidade é verificada quando a temperatura do composto se iguala à temperatura do ambiente e nenhum reaquecimento é produzido.

Leal et al. (2013) com o objetivo de determinar as características dos produtos finais e os índices de eficiência do processo de compostagem, pesquisaram três formulações da mistura de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) e torta de mamona com diferentes relações C:N, além de um tratamento de referência com a mistura de capim-elefante e biomassa de *Crotalaria juncea* e constataram que os compostos se estabilizaram

aproximadamente aos 60 dias após o início da compostagem e apresentaram reduções de cerca de 50% de sua massa e 65% de seu volume. Após 90 dias de compostagem, obtiveram um produto estabilizado, com elevado teor de N e afirmam ainda que em compostos obtidos por meio da mistura de capim elefante e torta de mamona, quanto mais estreita a relação C:N, maior é a perda proporcional de N durante a compostagem.

Se o composto não estiver bem estabilizado, a atividade microbiana continuará a decomposição, podendo competir com as raízes das plantas na utilização do nitrogênio mineral e do oxigênio dissolvido (RAVIV, 1998).

No processo de decomposição da matéria orgânica, a umidade garante a atividade microbiológica. Já que a estrutura dos microrganismos consiste de aproximadamente 90% de água.

A temperatura do composto também está relacionada à redução ou eliminação de patógenos existentes na matéria orgânica durante o processo de compostagem. Quando a matéria orgânica é decomposta ocorre aumento da temperatura do composto criado pelo metabolismo dos microrganismos. O calor desenvolvido se acumula e a temperatura alcança valores elevados, podendo chegar de 70 a 80°C. Entretanto, precisa ser mantida uma temperatura ótima para o desenvolvimento dos microrganismos, pois variações térmicas para mais ou para menos podem provocar uma redução da população e da atividade metabólica (RUSSO, 2003).

Na compostagem de resíduos orgânicos em pilhas ou em condições controladas, o calor produzido se acumula e a temperatura pode chegar à cerca de 80°C. As taxas ótimas de decomposição ocorrem entre 50-60°C. As temperaturas termofílicas na compostagem são extremamente desejáveis no tratamento de resíduos, pois destroem muitos patógenos e larvas de mosca. Em pátios de compostagem a temperatura crítica para destruição de patógenos humanos é a partir de 55°C. Do ponto de vista agrônomo, essa temperatura destrói muitos patógenos de plantas e a temperatura de 63°C é a temperatura ideal para inviabilizar sementes de plantas daninhas (INÁCIO & MILLER, 2009).

Kiehl (1998) ressalta que patógenos, sementes e doenças, podem ser eliminados através do processo completo da compostagem. Se o processo de compostagem não eliminar os patógenos mais resistentes à temperatura, ao se incorporar o fertilizante orgânico ao solo, estes patógenos podem ser digeridos pela competição com os microrganismos existentes no solo.

As propriedades químicas do composto têm importantes consequências no crescimento das plantas cultivadas. Estas propriedades determinam o tipo de reações que ocorrem no composto, a mobilidade dos elementos e, conseqüentemente, o nível de desenvolvimento da planta e as possíveis medidas a se aplicarem na utilização do composto. É importante também considerar o pH, a capacidade de troca catiônica (CTC), a salinidade e o teor de nutrientes.

O pH do composto pode ser um indicativo do estado de estabilidade da compostagem dos resíduos orgânicos. Jimenez e Garcia (1989) indicaram que durante as primeiras horas de compostagem, o pH decresce até valores de, aproximadamente, 5,0, e posteriormente, aumenta gradualmente com a evolução do processo de compostagem e estabilização do composto, alcançando, finalmente, valores entre 7 e 8. Os valores baixos de pH são indicativos de falta de maturação devido à curta duração do processo ou à ocorrência de processos anaeróbios no interior da pilha em compostagem.

Primavesi (2002) ressalta que o pH é muito importante, não porque tenha efeito direto sobre a formação de húmus, mas por causa de seu efeito indireto sobre a concentração de elementos nutritivos à disposição do vegetal e à atividade dos microrganismos

O composto com pH abaixo de 6,0 não é aceitável como fertilizante maturado, segundo a legislação brasileira (KIEHL, 2002).

É comum ocorrer uma redução do pH na fase inicial da compostagem. Leal et al. (2013) relataram que a redução do pH na compostagem ocorre devido a acidificação induzida pela transformação de N-amônio em N-nitrato.

A condutividade elétrica (CE) é um indicativo da concentração de sais ionizados na solução (WILSON, 1984) e fornece um parâmetro para a estimativa da salinidade de um resíduo, fertilizante orgânico ou substrato.

Kiehl (2002) alerta que a condutividade deve diminuir com a compostagem, estabilizando em um valor próximo a 50% da leitura inicial. Essa queda não é devido à lixiviação de sais do composto, mas pela decomposição dos ácidos orgânicos produzidos pela decomposição do material (AVENIMELECH et al., 1996).

A diferença da concentração e da relação de nutrientes entre compostos depende da existente na matéria-prima utilizada na compostagem (SHALLENBERGER & REBELO, 2015).

Em resumo, a compostagem então é um processo controlado de decomposição microbiana, de oxidação e de oxigenação de uma massa heterogênea de MO no estado sólido e úmido, compreendendo uma fase inicial rápida mesofílica, que se caracteriza por células microbianas em estado de latência, porém com uma intensa atividade metabólica, apresentando uma elevada síntese de DNA de enzimas. Posteriormente, ocorre uma fase de bioestabilização, atingindo finalmente a terceira fase, em que ocorre a humificação ou maturação, acompanhada da mineralização de determinados componentes da MO, como nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio, que passam da forma orgânica para a inorgânica, ficando disponíveis às plantas (KIEHL, 1985; CORRÊA, 2003 apud VALENTE et al 2009).

## **4.2 A Fauna do Solo**

Aquino (2006) define fauna do solo como o termo utilizado quando se deseja referenciar a comunidade de invertebrados que vivem permanentemente ou que passa um ou mais ciclos de vida no solo.

A fauna do solo está intimamente associada aos processos de decomposição e ciclagem de nutrientes, que são de fundamental importância para a manutenção da produtividade do ecossistema. É ao mesmo tempo agente transformador e reflexo das características físicas, químicas e biológicas dos solos (CORREIA, 2002).

Lavelle, et al., 1992) relatam que a interação da fauna do solo com os microrganismos e as plantas é capaz de modificar o funcionamento e estrutura do solo, exercendo uma regulação sobre os processos de decomposição e ciclagem de nutrientes

De acordo com Andersen (1999) a fauna do solo colabora na sua regeneração e traz benefícios para as plantas, através de uma maior disponibilidade de nutrientes e pelo aumento de inimigos naturais. Os organismos da mesofauna participam da humificação, redistribuem a matéria orgânica, estimulam a atividade microbiana, entre outros benefícios (SILVA, 2007; MORSELLI, 2007).

A diversidade e abundância dos organismos que compõem a teia alimentar dos decompositores determinam a velocidade e a magnitude de processos como a mineralização e imobilização desses nutrientes. Consequentemente, a assimilação de nutrientes pelas plantas e a produtividade das culturas podem ser fortemente afetadas pelos organismos do solo, mesmo quando é feita uma adubação mineral.

Dentre os organismos que constituem a fauna do solo, a macrofauna edáfica compreende os maiores invertebrados (organismos com comprimento maior que 10 mm ou com diâmetro corporal maior que 2 mm), como as minhocas, coleópteros em estado larval e adulto, centopéias, cupins, formigas, piolhos de cobra, tatuzinhos e aracnídeos (WOLTERS, 2000; LAVELLE E SPAIN, 2001).

Os organismos desse grupo têm o corpo com tamanho suficiente para romper as estruturas dos horizontes minerais e orgânicos do solo ao se alimentar, movimentar e construir galerias no solo (AQUINO, 2006). Os organismos presentes na macrofauna são conhecidos como “engenheiros do ecossistema” (LAVELLE *et al.*, 1997), devido ao fato de influenciarem direta ou indiretamente a disponibilidade de recursos para os outros organismos através da escavação e/ou ingestão e pelo transporte de material mineral e orgânico do solo, para a construção de estruturas como resultado dessas atividades, incluindo galerias, bolotas fecais, montículos e ninhos, modificando o ambiente físico e químico do solo (LAVELLE *et al.*, 1997).

Estudos realizados por Correia (2005) mostram que em alguns habitats, os diplópodes são responsáveis pela ingestão de mais de 5-10% da serapilheira produzida anualmente e mobilizam os nutrientes presos na serapilheira, enriquecendo o solo com N, C, Ca, Mg, P e K. Esse enriquecimento é fruto de uma elevada capacidade de consumo de serapilheira, aliada a uma elevada atividade microbiana nas fezes dos diplópodes. Durante a passagem da serapilheira pelo tubo digestivo dos diplópodes, esse material é triturado, o que aumenta a sua superfície específica, umedecido e enriquecido com microrganismos. Esse efeito catalisador é comparado ao que acontece no rúmen de alguns mamíferos, com a particularidade de estar fora do corpo do animal, mais precisamente nas suas fezes, sendo chamado de “rúmen externo”.

De acordo com Teuben & Verhoef (1992), apud Correia (2005), para quantificar a contribuição direta dos artrópodes do solo para a ciclagem de nutrientes é necessário que se analise tanto a biomassa animal como uma fonte de nutrientes, quanto o efeito da passagem de serapilheira pelo tubo digestivo na disponibilização dos mesmos. Estes autores observaram que a biomassa de diplópodes era uma fonte de nutrientes riquíssima, possuindo cinco vezes mais K, vinte vezes mais Ca, três vezes mais Mg, dezessete vezes mais  $PO_4^{3-}$  e quatro vezes mais N que a serapilheira original.

Em experimentos de laboratório, Correia (2003) observou que nas fezes dos diplópodes foram encontrados menores teores de Ca e C, menor relação C/N e maiores teores de Mg, P, N do que os existentes na serapilheira utilizada como alimento.

A degradação dos detritos vegetais e animais no solo é um processo biológico fundamental para o ecossistema, onde o carbono é reciclado para a atmosfera como dióxido de carbono, o nitrogênio se torna disponível como amônia e nitrato, e outros elementos associados (fósforo, enxofre e vários micronutrientes) assumem formas inorgânicas e podem então ser assimilados pelas plantas (STEVENSON & COLE, 1999). Desta degradação participam vários organismos que podem ter grande importância e utilização na produção de insumos agrícolas.

Os substratos, quando bem formulados, permitem melhores condições ao desenvolvimento vegetal especialmente em cultivos protegidos, os quais exigem um ambiente radicular “refinado” (PENNINGSFELD, 1978).

A fertilidade do solo e ciclagem de nutrientes é imprescindível para a produção agrícola, e a busca por materiais orgânicos que sirvam de substrato para o desenvolvimento vegetal colocam diferentes organismos, bem como atividades de insetos coprófagos, especificamente besouros, como objeto de atenção e pesquisa, por serem transformadores de resíduos da agropecuária em material rico em nutrientes. Famílias de coleópteros atuam na fragmentação da matéria orgânica em decomposição (restos vegetais, madeira podre, húmus, palha etc.), participando da ciclagem de nutrientes, contribuindo desta maneira para a fertilidade e estrutura do solo (CROSSLEY *et al.*, 1992).

### **4.3. Coleópteros: A Família Scarabaeidae e a Relação com Fezes de Animais**

Coleoptera é uma das maiores ordens de insetos possuindo, aproximadamente, 40% das espécies conhecidas dentro da classe Insecta. São encontrados em habitats variados, alimentam-se de materiais tanto de origem animal como vegetal (BORROR & DELONG 1988).

De acordo com Vaz-de-melo (2000), no Brasil são encontradas 618 espécies da família Scarabaeidae, das quais 323 são endêmicas, ou seja, não ocorrem em outros países. Os coleópteros da subfamília Scarabaeinae são conhecidos vulgarmente como “rola-bostas” ou “besouros de esterco”, pois algumas espécies fazem bolas de fezes e as rolam para um lugar distante daquele em que estavam depositadas anteriormente.

Através do comportamento dos besouros coprófagos, os mesmos podem ser classificados como telecoprídeos, paracoprídeos e endocoprídeos (WATERHOUSE, 1974).

Os besouros coprófagos endocoprídeos constroem seus ninhos dentro do esterco. Os adultos fazem túneis dentro dos blocos de esterco e se alimentam dos constituintes coloidais do mesmo, até atingirem a maturidade reprodutiva.

Besouros coprófagos paracoprídeos constroem seus ninhos embaixo ou ao redor da massa de esterco. O ninho é sempre unido ao suprimento de alimento, diretamente ou por meio de um ou mais túneis subterrâneos. São os mais comuns.

Já os besouros coprófagos telecoprídeos, separam uma porção de estrume da massa, rolam a uma determinada distância e depois enterram ou cobrem de grama. Constroem dois tipos de bolas: bolas-alimento e bolas-ninho. São os rola-bostas.

As características microclimáticas do solo que afetam a distribuição dos Scarabaeidae, têm relação estreita com a cobertura vegetal. Desta forma, a vegetação tem grande relevância, pois, nesta família ocorre um grau elevado de associação a habitats específicos, existindo espécies características de ambientes abertos e espécies que nunca se afastam das formações florestais (HOWDEN e NEALIS, 1975; DOUBE, 1983 e DOUBE e WARDHAUGH, 1991).

Os insetos adultos e larvas da família Scarabaeidae alimentam-se, principalmente, de fezes, frutos e carcaças em estado de decomposição, este comportamento é de fundamental importância, principalmente, na ciclagem de nutrientes, nos diferentes ecossistemas (HALFFTER; MATTHEWS, 1966; HANSKI; CAMBEFORT, 1991 *apud* SILVA et al., 2007).

#### **4.3. 1. O potencial dos besouros Cetoniinae na decomposição da matéria orgânica**

Muitas pesquisas ressaltam a importância agrícola e ambiental de coleópteros. Esses insetos tem sido objeto de estudo, principalmente por serem utilizados como indicadores de diversidade ambiental.

A biodiversidade favorece a prestação de serviços por vários organismos vivos afetando em última análise, processos naturais como controle biológico, ciclagem de nutrientes, polinização, dispersão de sementes, manutenção e formação de solos, fixação biológica de nitrogênio, fixação de carbono, de oxigênio, despoluição de corpos d'água, balanço climático, entre outros. (MYERS, 1996).

Condé (2008) concluiu que estudar e acompanhar as comunidades de escarabeíneos, assim como, compreender suas relações funcionais e seu papel na manutenção da biodiversidade pode auxiliar em estratégias de conservação e subsidiar trabalhos de biomonitoramento ambiental.

Espécies de Scarabaeinae em fragmentos florestais com diferentes níveis de alteração em Santa Maria, Rio Grande do Sul, foram estudadas por Da Silva (2011). Ao experimentar

diversas iscas concluiu que em relação ao hábito alimentar, a maioria das espécies presentes são coprófagas.

Os escaravelhos receberam este nome devido ao comportamento que muitas espécies têm de formar bolas de excrementos (principalmente de mamíferos), além de cavar túneis no solo por onde rolam as esferas de alimento, local onde também depositam os seus ovos (HALFFTER & MATTHEWS, 1966).

Os Coleópteros com este tipo de comportamento realizam um controle biológico natural de muitos insetos e outros organismos que se desenvolvem nos recursos utilizados como alimento (SILVA et al., 2010).

Nas áreas utilizadas para pecuária, esses animais desempenham um papel fundamental na reciclagem de nutrientes e no controle de parasitos bovinos, já que ao retirarem e revolverem as massas fecais dos bovinos, que são utilizadas por dípteros e nematódeos, tornam inóspitas para o desenvolvimento dos mesmos, uma vez que aceleram o ressecamento do bolo fecal e levam ovos dos parasitos para o interior do solo onde não conseguem se desenvolver (FLECHTMANN et al., 1995).

Em um sistema de plantio direto, Gassen (2000) demonstrou que larvas de espécies de besouros *Scarabaeidae*, decompositores de matéria orgânica, possuem um importante papel na fragmentação de material orgânico: na incorporação e fragmentação da palha, na reciclagem de nutrientes e na recuperação da estrutura física do solo, especialmente pela abertura de galerias. Suas galerias tornam-se canais abertos para a translocação de nutrientes e resíduos orgânicos, favorecendo o crescimento de raízes no perfil do solo.

Os rola-bostas podem atuar como agentes secundários na dispersão de sementes de algumas espécies de árvores nas florestas neotropicais, participando do processo natural de regeneração da floresta (ESTRADA E COATES-ESTRADA, 1998).

Freitas *et al.*, (2006) associa besouros como indicadores biológicos ressaltando características como: grande riqueza e ampla distribuição geográfica, abundância durante o ano todo, a representação em quase todos os grupos tróficos e a especialização a certos recursos.

O fato desses animais enterrarem as porções e desestruturarem as massas fecais, aceleram o processo de incorporação dos nutrientes contidos no recurso no solo, além de aumentar a aeração e infiltração edáfica através da construção de galerias subterrâneas.

Audino et al (2011) pesquisaram sobre *Scarabaeinae* em uma área de monocultura de eucalipto, no Bioma Pampa, cidade de Bagé, no Rio Grande do Sul, utilizando diferentes tipos de iscas para abranger as principais guildas tróficas deste grupo de besouros (coprofagia, necrofagia e saprofagia), e assim puderam citar quais espécies conseguem se estabelecer neste ambiente introduzido e sombreado. Os resultados obtidos mostraram que as espécies que ocorrem em eucalipto são generalistas em relação ao hábitat e apresentam preferência por ambientes sombreados e/ou são espécies “turistas”. Os autores ressaltaram também, a importância do monitoramento de escarabeíneos ser realizado em diferentes ecossistemas, a fim de obter informações sobre a real distribuição das espécies e suas interações com os sistemas onde estão inseridas.

#### **4.3.2. Aspectos ecológicos e biológicos dos Cetoniíneos**

Os Cetoniíneos são conhecidos como besouros das frutas ou besouros das flores, em decorrência dos adultos de muitas espécies forragearem em busca de pólen em flores, seiva em planta, ou mesmo frutos maduros (RITCHER, 1958). Cetoniíneos é uma subfamília de *Scarabaeidae* (Coleoptera: *Scarabaeoidea*). São insetos detritívoros generalistas e se alimentam de fungos, folhas caídas, pólen e néctar (TEIXEIRA, 2006).

No Brasil, existe uma carência de estudos sobre as interações entre os besouros Cetoniinae e plantas (DI IORIO, 2014).

Scarabaeidae da subfamília Cetoniinae se alimentam de exudatos de árvores, néctar e pólen e de sucos de frutos maduros. O horário de atividade é geralmente diurno, porém, não se têm um conhecimento aprofundado do horário de atividade dos besouros Cetoniinae (RODRIGUES et al., 2013; MORÓN et al., 2014; PUKER et al., 2013, 2014, 2015).

Estudos relataram a presença de Cetoniinae em inflorescência (PERTY, 1830; LUEDERWALDT, 1911; LOPES et al., 2007; PUKER et al., 2012), em flores e exsudatos de plantas (LUEDERWALDT, 1911; GARCIA, 1987) e em caule (BIEZANKO et al., 1949; GARCIA, 1987; FONSECA, 1934; STEFANELLO e JARDIM, 2007). Os estudos existentes buscaram, principalmente, conhecer as comunidades de besouros Cetoniinae em alguns ecossistemas da região Neotropical (MORÓN, 1995; OROZCO, 2012; PUKER et al., 2012; 2014).

As larvas, por sua vez, se alimentam de matéria orgânica em decomposição no solo ou em outro lugar onde se concentram. De maneira geral, as fêmeas adultas põem ovos em acúmulos de matéria orgânica até emergir um novo adulto pode levar um ano ou mais tempo. De acordo com Luederwaldt (1911) e Puker et al., (2014) as larvas e adultos de Cetoniinae possuem uma biologia nutricional completamente diferente entre eles. As larvas geralmente são saprófagas ou saproxylófagas, e frequentemente podem ser encontradas no solo, em madeira podre, em cavidades de árvores, e também em fezes. Os adultos Cetoniinae normalmente buscam flores ou inflorescências geralmente grandes e abertas, de coloração amarela, branca, roxa e/ou rosa, além de frutos fermentados (PETER e JOHNSON, 2009; PUKER et al., 2014, 2015). Estes besouros buscam plantas em função dos seguintes recursos: abrigo, alimento, local de encontro de casais, função térmica e proteção contra inimigos naturais, além dos fatores ambientais (BERNHARDT'S, 2000).

#### 4.3.3 Ciclo de vida dos Cetoniinae

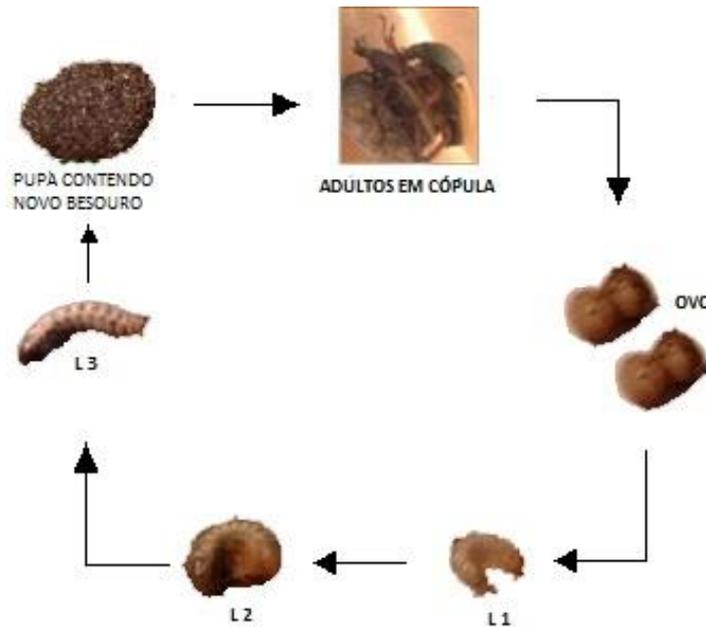
Apresentam um ciclo de vida que varia entre as espécies, mas ainda não há informações suficientes para padronizar o ciclo de vida deste grupo. Alguns estudos têm focado no ciclo de vida de algumas espécies, o que nos dá uma ideia do tempo de desenvolvimento de cada estágio até a eclosão dos adultos.

Pérez e Morón (1995) descreveram o ciclo de vida de *Paragymnetis flavomarginata sallei* Schaum, 1849 em cativeiro. Eles observaram que o ciclo de vida completo demora aproximadamente 380 dias, do estágio de ovo até a eclosão do adulto. De acordo com esse mesmo estudo, os autores demonstram que as fêmeas eclodem entre 10 e 20 dias antes dos machos de uma mesma geração para poderem forragear e se preparam para produzir ovos durante cerca de 8 a 9 meses durante o ano.

Os insetos possuem ciclo completo: ovo->larva->pupa->adulto ou "imago" e a fase larval é composta por três fases, que indicam o estado de crescimento da larva L1, L2, L3. (Fig. 1). A fase larval pode durar de 3 meses até 10 meses. Larvas e adultos deverão ser mantidos a uma temperatura de cerca de 24°C (GAGLIARDELLI, 2015).

A subfamília cetoniinae faz parte dos insetos carpófilos (besouros que possuem alguma afinidade com frutos, não apenas para alimentação). Há espécies que desempenham importantes funções ecológicas como: polinização, frugivoria, saprofia e predação.

Larvas de *Gymnetis chalcipes* são saprófitas, se desenvolvem no solo e frequentemente em acúmulos de matéria orgânica, em detritos de formigueiros do gênero *Atta* e *Acromyrmex* (RITCHER, 1966; MORON et al., 1987). A criação de larvas de Cetoniinae tem sido possível e deve estar relacionada com a temperatura adequada e com o hábito alimentar da espécie. Poucos trabalhos publicados relatam a metodologia de criação.



**Figura 1.** Ciclo biológico de besouros da subfamília Cetoniinae. Fonte: GAGLIARDELLI, (2015).

Diaz (2013) pesquisou a sobrevivência de larvas de *Gymnetis pantherina* e suas interações com raízes de *Ricinus communis*. As fêmeas de *G. pantherina* colocam seus ovos no solo e as larvas causam danos a raízes de várias espécies de plantas, entre elas o milho e girassol. No processo de criação de larvas em laboratório, este autor utilizou potes de 200ml tampado com tecido de organza para dar ventilação e utilização de húmus de minhoca umedecido, até chegar a capacidade de campo como substrato. Em cada pote foi colocado uma larva no centro de cada um. Como alimento foi utilizado um pedaço de colmo de milho com 5 cm de largura e coberto com húmus. A temperatura variou de 15 a 29 °C. Os resultados obtidos indicaram que as larvas demoram 250 dias para chegar de ovo até o estágio de larva II

Segundo Orozco (2004) citado por Diaz (2013) larvas de cetoniinae no terceiro estágio forma uma câmara pupal feita com terra e algumas de suas fezes. Esta câmara de pupa tem uma forma oval.

Morelli (2000) pesquisou o desenvolvimento das larvas de cetoniinae em laboratório acondicionadas individualmente em recipientes de plástico 12cm x10 cm x 6 cm, com detritos vegetais como alimento e mantidas numa câmara com temperatura e umidade controladas (21° C e 60%) e um fotoperíodo de 12 h.. O autor relata, que de acordo com os dados obtidos em laboratório, a duração dos distintos estágios seria a seguinte: estado larval: 289 dias, estado pré-pupal: 15 dias e estado pupal: 51 dias.

#### **4.4 Minhocas - Aspectos Comportamentais desses Organismos no Processo de Transformação de Resíduos Orgânicos**

A vermicompostagem é uma técnica que utiliza de minhocas para digestão rápida do material orgânico. A minhoca pertence ao *Phylum annelida* ou anelídios, sendo considerada um verme anelado, pois tem o seu corpo dividido em anéis ou segmentos. Cada anel ou segmento do corpo é chamado de *metâmero*. Esses anelídeos pertencentes à classe Oligoqueta, decompõem resíduos orgânicos como restos de vegetais e esterco, entre outros. Vivem em quase todas as partes do mundo, inclusive em ilhas vulcânicas e nas regiões subárticas. A grande dispersão das minhocas é atribuída ao costume dos homens de transportarem mudas de plantas de um lugar para outro, contendo minhocas ou seus casulos.

Dentre as mais de 3 mil espécies de minhocas na natureza, poucas são usadas para a criação, devido à pouca adaptação em situação de cativeiro. As espécies mais usadas na produção de húmus são a *Eisenia andrei*, *Eisenia fétida* e *Eudrilus eugeniae* (noturna ou gigante africana). Dada à similaridade entre si, as duas primeiras, conhecidas como vermelha da Califórnia, muitas vezes são confundidas. A *Eisenia* ingere, por dia, quantidade de alimento igual ao de seu peso vivo; já a *Eudrilus* consegue ingerir até três vezes o seu peso, por dia (MARTINEZ 1990). A espécie *Eisenia fetida*, além da habilidade de conversão de resíduos orgânicos, apresenta crescimento rápido e grande capacidade de multiplicação (REINECKE e KRIEL, 1981).

As minhocas fazem parte da macrofauna do solo. Segundo Silva et al. (2006), a macrofauna edáfica é composta por organismos com mais de 10 mm de comprimento ou com mais de 2 mm de diâmetro corporal. As minhocas, assim como alguns organismos da macrofauna do solo são denominados “engenheiros do ecossistema”, pois suas atividades levam à criação de estruturas biogênicas (galerias, ninhos, câmaras e bolotas fecais), que modificam as propriedades físicas dos solos onde vivem e a disponibilidade de recursos para outros organismos (Wolters, 2000)

De acordo com hábito alimentar e formação de galerias as minhocas estão classificadas em três categorias ecológicas : epígeicas, anécicas e endógeicas. As minhocas epígeicas são pequenas cavadoras e habitam o horizonte orgânico ou a serapilheira dos solos e consomem matéria orgânica fresca. As anécicas vivem em galerias verticais dentro do perfil do solo, mas à noite consomem serapilheira e matéria orgânica do solo. Já as endógeicas vivem em profundidade no solo, são geófagas e se alimentam da matéria orgânica, raízes vivas e mortas. (ANJOS et al, 2015).

Junto com as raízes das plantas, as minhocas são os principais criadores dos macroporos do solo. A porosidade é a principal propriedade física que as minhocas influenciam diretamente. Hoeksema e Jongerius (1959) mostraram que a porosidade total foi 30 a 40% para o solo sem minhocas e 60 a 70% para o mesmo tipo de solo com minhocas (200g/m<sup>2</sup>) e que a maior parte do espaço ocupado pelo ar foi de galerias das minhocas

As galerias construídas pelos animais de solo servem à penetração das raízes, à infiltração de água e à circulação do ar (Freitas & Barreto, 2008). Assim, geralmente, o efeito das minhocas é positivo, aumentando a produtividade das plantas. Portanto, na maioria dos casos, pode ser interessante buscar aumentar suas populações, em prol da fertilidade do solo e sustentabilidade agrícola e ambiental.

Apesar de ainda necessitar de estudos das espécies de minhocas e seu comportamento, Brown e Dominguez (2008) relatam que em alguns casos, altas populações de minhocas podem prejudicar o desenvolvimento das plantas, como tem sido observado em arroz irrigado, onde elas podem se comportar como pragas. No Estado de Mato Grosso do Sul, altas infestações de minhocas em campos de arroz irrigado têm sido associadas empiricamente à redução na produção da cultura. Observações indicam que as minhocas não afetam diretamente as plantas de arroz, mas causam danos indiretos, perturbando o solo intensivamente e interferindo negativamente no desenvolvimento do sistema radicular das plantas. A atividade das minhocas impede que as plantas se fixem adequadamente no solo inundado, causando tombamento e dificultando a colheita. Segundo relato dos produtores, a redução da produção de grãos em campos com altas populações de minhocas pode chegar a 15 %, comparada a de campos com baixas populações.

De acordo com Primavesi (2002) apesar do Brasil ser um dos maiores exportadores de minhocas (Rio Grande do Sul e Pernambuco), geralmente, existem muito poucas minhocas em seus solos porque não suportam insolação direta e as queimadas. Especialmente em solos capinados, expostos ao sol, aquecidos e compactados pela chuva não são ambientes propícios para elas, porém, aparecem espontaneamente em todos os solos cobertos se existir um mínimo

de fósforo e cálcio. Não se necessita inocular o solo com minhocas, o que necessitamos é criar um ambiente em que possam viver.

As minhocas são animais invertebrados que podem ser afetados pelas condições bioclimáticas do meio. A temperatura, a umidade, o pH e a fonte de alimentos são fatores tão importantes para esses animais, como para o desenvolvimento de qualquer vertebrado (REINECKE e KRIEL,1981; HAUKKA, 1987; MARTINEZ, 1990).

A temperatura tem grande importância na atividade metabólica, no crescimento, na respiração e na reprodução dos oligoquetas (REINECKE e KRIEL,1981; HAUKKA, 1987; MARTINEZ, 1990). Pesquisas apontam que a temperatura ideal para as minhocas está na faixa de 13<sup>o</sup>C a 22<sup>o</sup>C.

Estudos realizados por KAPLAN et al. (1980) reportam que o crescimento de *Eisenia fetida* diminuiu em condições de baixa umidade (46% - 56%), mas na faixa de 60% a 90% e com variação da temperatura de 15,0<sup>o</sup>C a 25,0<sup>o</sup>C, houve elevação no crescimento do animal. Resultados semelhantes foram obtidos por HAUKKA (1987) quando fez comparações de temperatura e umidade com *Eisenia fetida*. Estas foram cultivadas em duas temperaturas diferentes (15 ° C e 25 ° C) e condições de umidade (50% e 80%) e concluiu que *Eisenia fetida* cresceu melhor à temperatura e quantidade de umidade mais altas.

Southwell e Majer (1982) estudando a sobrevivência de *Eisenia fetida* em resíduos alcalinos, associados com bauxita, concluíram que houveram diferenças marcantes entre as espécies quanto à tolerância do pH do meio, e que essa espécie pode sobreviver e se desenvolver nesse resíduo em até 50 cm de profundidade. Observaram, também, que a presença de minhocas trouxe efeito benéfico ao solo, aumentando o nível de nutrientes. Surgeon e Hopkin n (1996) ao submeterem *Eisenia fetida* a variáveis valores de pH, observaram que, na faixa 5,0 - 6,0, não houve diferença na produção de casulos; entretanto, valores menores que 4,0 propiciaram decréscimo na produção.

Solos ácidos são desfavoráveis como habitat, pela deficiência de cálcio para a minhoca conservar o pH do sangue elevado. Elas são capazes de modular a estrutura física do seu habitat ao tamanho e formato do seu corpo (KOBEL-LAMPARSKI e LAMPARSKI, 1987). As minhocas têm provado que são o grupo mais sensível a solos poluídos por radiação nuclear. Por essa razão, têm sido consideradas um conveniente bioindicador de poluição radioativa no solo (KRIVOLUTSKY 1987).

Para determinar os efeitos de metais pesados no crescimento e na reprodução de minhocas, Reinecke e Reinecke (1996) submeteram minhocas da espécie *Eisenia fetida* à exposição de metais pesados (Cd, Mn, Pb, Cu e Zn) e observaram que o Cd foi o metal acumulado em maior escala; o efeito do chumbo não afetou o crescimento, mas no que se refere à reprodução, esse elemento afetou a eclodibilidade dos casulos das minhocas, o mesmo ocorrendo, em menor escala, com o Zn, indicando que esses metais afetam a performance reprodutiva desses animais. Rida (1996) constatou, semelhantemente, que a presença de metais pesados em altas concentrações inibe o crescimento dos oligoquetas. Concluiu também que, as quantidades de metais em oligoquetas diferem de acordo com a espécie, o tempo de contaminação e a fase fisiológica do animal.

#### **4.5. Sistema Digestivo da Minhoca e sua Importância no Processo de Decomposição**

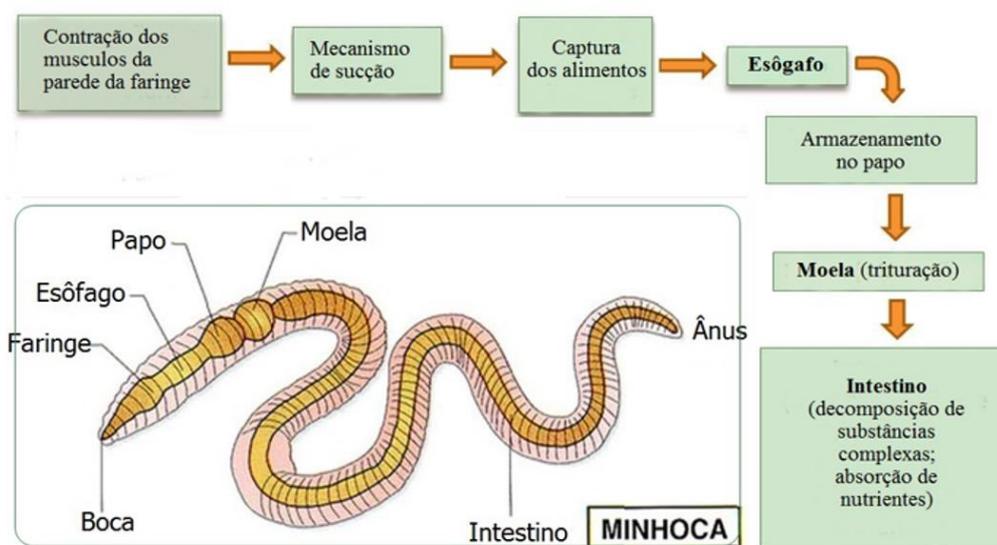
Baldaia et al. (2008) esquematiza a digestão da minhoca (Figura 2), começando pela secreção salivar, produzida pela faringe. No esôfago, encontram-se as glândulas calcíferas que neutralizam a acidez dos alimentos, produzindo húmus de pH neutro ou ligeiramente alcalino.

O papo funciona como câmara de armazenamento, enquanto o alimento aguarda para ser triturado pela moela, com a ajuda dos grãos de areia ali presentes. Na sequência, vai para o intestino, onde ocorre grande parte da digestão e absorção do alimento. O intestino se estende

pelos restantes três quartos do corpo da minhoca. Glândulas especiais são responsáveis por excretar carbonato de cálcio que servem para neutralizar os ácidos contidos nos alimentos.

Segundo Kiehl (1985), o tubo digestivo da minhoca promove a assimilação de compostos minerais, como fósforo, potássio e micronutrientes. Transforma os compostos nitrogenados orgânicos em nitratos, dispõe de glândulas calcíferas que concentram o cálcio em seu organismo e produz um vermicomposto com teor médio de 13% de matéria orgânica.

Othman et al. (2012) afirmam que no processo de digestão, a matéria orgânica ingerida pelas minhocas é transformada em coprólitos, contendo nutrientes em maior concentração que o solo. Isso ocorre em virtude do solo e os coprólitos estarem misturados com matéria orgânica e secreções intestinais e urinárias, encontrando-se em estado mais avançado de decomposição, proporcionando uma produção acelerada de ácidos húmicos (essa aceleração decorre da ação das enzimas produzidas no tubo digestivo das minhocas e da atividade de microorganismos nele existentes (STEFFEN et al, 2011), como, por exemplos, bactérias, fungos, actinomicetos, algas e protozoários, grandemente estimulados, antes de serem excretados (MARTINEZ, 1995).



**Figura 2.** Sistema digestivo da minhoca. Fonte: Baldaia et al, 2008.

A alimentação básica das minhocas é o material orgânico. Portanto, os resíduos orgânicos gerados pelos sistemas produtivos, agropecuários, industriais e até as atividades domésticas, podem ser transformados pelo processo de vermicompostagem, em fonte de nutrientes, tanto para a produção agrícola quanto para produzir minhocas que podem ser utilizadas na alimentação animal (VIEIRA, 1997).

Ferruzzi (1986) afirma que o húmus produzido por qualquer tipo de minhoca, possui as mesmas características físicas e químicas, desde que todos os indivíduos, se beneficiem do mesmo tipo de alimentação. Aquino et al (2005) discorrendo sobre o papel das minhocas no processo de decomposição da matéria orgânica, relataram que estas fazem a fragmentação e o catabolismo primário dos resíduos orgânicos, sendo esta, uma ação conjunta em função da ingestão e digestão da comunidade decompositora, composta predominantemente pelos microrganismos (bactérias e fungos). Além disso, esses organismos representam fonte de matéria orgânica secundária. A minhoca também pode alimentar-se de detritos vegetais. Nesse caso, ela atua como detritívora consumidora primária.

As minhocas da espécie *Eisenia fetida* têm sido inoculadas em vários substratos orgânicos (NEUHAUSER et al., 1980), transformando e depurando o material tornando o viável para uso agrícola, reduzindo a carga de contaminação por metais pesados, minimizando

o impacto ambiental. Essas minhocas têm a capacidade de bioacelerar a decomposição de resíduos (MITCHELL et al., 1977; MITCHELL et al., 1980, citados por AQUINO, 1991) e acumular metais pesados em seu corpo (FISCHER e MOLNAR, 1992).

Para avaliar o comportamento de minhocas vermelhas da Califórnia, nas estações primavera e verão, MORSELLI et al. (1996) utilizaram esterco bovino cru, esterco bovino semi-cru, esterco bovino curtido, conteúdo ruminal, húmus de minhoca, erva-mate e borra-de-café como substratos alimentares. Os citados autores concluíram que os resíduos, já bioestabilizados e/ou curtidos, foram mais adequados para a reprodução das minhocas.

Devide et al. (1999) compararam a adaptabilidade de *Eisenia fetida* em vários substratos compostos por esterco de suínos, galinhas, coelhos e bovinos, associados ao bagaço de cana-de-açúcar, concluindo que a maior taxa de sobrevivência das minhocas adultas foi observada na presença dos esterco de bovinos (75%) e de coelhos (95%).

Na vermicompostagem, as minhocas ingerem os resíduos orgânicos, digerindo e fracionando parte do material, estimulando a atividade dos microrganismos e, desta forma, a mineralização de nutrientes, acelerando a transformação do resíduo em material humificado (LANDGRAF et al., 1999; DOMINGUEZ & PEREZ-LOUSADA, 2010).

#### **4.6. Esterco de Coelho**

Entre os resíduos de origem animal, que podem ser usados na vermicompostagem e compostagem, misturado com resíduos de vegetais, como palhadas, destacam-se os esterco, como o de coelho, que segundo Vieira (1981) apresenta teor de N elevado comparado a outros esterco. Em estudo de caracterização, decomposição e biodisponibilidade de materiais orgânicos, Chacón (2005) verificou que o esterco de coelho *in natura* apresenta pequena fração de fácil biodegradação (C/N= 21) se comparado ao esterco de suíno ou de aves (C/N = 18 e 9, respectivamente) e pequena imobilização.

Embora o esterco de coelho seja rico em nutrientes para as plantas, sua produção ainda é insipiente, se comparada com esterco bovino, caprino e de aves. Certamente este fato está relacionado ao baixo consumo e a baixa produção da carne de coelho no país. Mas, a cunicultura vem crescendo no Brasil, como alternativa para a agricultura familiar e no combate a fome, embora ainda seja pouco difundida, uma vez que o coelho tem fácil adaptação a condições adversas de clima, manejo e alimentação (BRUM JÚNIOR et al., 2012). Os esterco destes animais apresentam potencial fertilizante (MAYER, 2009), e podem ser utilizados como adubos orgânicos, contribuindo para a sustentabilidade do sistema de produção familiar.

Diversos resíduos podem ser usados como fertilizantes orgânicos; mas um dos maiores empecilhos para a aceitação e disseminação está relacionado ao baixo número de informações sobre sua caracterização química e a resposta agrônômica em diferentes culturas (ANTONIOLLI et al., 2009).

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 Identificação do Coleóptero que Decompõe as Fezes do Coelho

Os besouros foram coletados no esterco de coelho da Cunicultura da UFRRJ e identificados por meio de chaves de identificação, por comparação com exemplares existentes na coleção entomológica do laboratório de entomologia da UFRRJ.

### 5.2. Avaliação dos Atributos Físicos e Químicos na Incubação de Esterco de Coelho com Larvas de Besouro e Minhocas

Um experimento foi implantado em galpão coberto da Embrapa Agrobiologia no dia 12 de agosto de 2015 em um delineamento experimental inteiramente casualizado com três formas de incubação, a saber: com minhocas (T1), com larvas de Cetoniinae (T2) e sem larvas e sem minhocas (T3), com quatro repetições.

Cada parcela foi constituída por um recipiente plástico, tipo floreira, com volume de 5 dm<sup>3</sup> (Figura 03), as quais eram trocadas de lugar, por sorteio, duas vezes por semana, visando reduzir possíveis influências locais. Em cada floreira do tratamento T1 foram utilizadas 20 minhocas adultas da espécie *Eisenia andrei* (vermelha-da-califórnia”) indicada por sua alta prolificidade, precocidade, elevada sobrevivência e adaptabilidade às condições de cativeiro (AQUINO, 2005). Também, em cada floreira do tratamento T2 foram utilizadas 20 larvas do besouro decompositor em cada floreira, sendo 10 larvas em estágio L2 e 10 em estágio L3 coletadas no setor de cunicultura da UFRRJ

O esterco de coelho foi obtido no setor de cunicultura da UFRRJ e submetido a um processo de pré-estabilização durante 30 dias, que consistiu em regas constantes para reduzir os efeitos nocivos de elevada salinidade e de elevadas temperaturas, tornando o material adequado para a colonização com minhocas e larvas de Cetoniinae.



**Figura 3: Diferentes métodos de incubação do esterco de coelho (Seropédica, RJ).**

Os recipientes contendo esterco de coelho foram cobertos por tela de mosquiteiro evitando a entrada de outros organismos e oviposição de moscas (Figura 4). Foram efetuadas regas com água destilada durante o experimento, buscando-se, manter a umidade. Mantida essas condições, observou-se que o composto atingiu a estabilização aos 90 dias.



**Figura 4:** Tratamentos com tela de mosquiteiro.

### 5.3. Avaliação dos Compostos

Antes da pré-estabilização do esterco de coelho e aos 0, 30, 60 e 90 dias após a incubação foram coletadas amostras dos substratos para avaliação do pH, condutividade elétrica (CE), densidade, os teores totais e disponíveis de N, Ca, Mg, P e K, as proporções das frações disponíveis de N, Ca, Mg, P e K, e as emissões de CO<sub>2</sub> e NH<sub>3</sub>.

Aos 90 dias foram coletadas amostras para avaliação da variação da massa e do volume em relação à massa e volume iniciais, e variação do conteúdo de N em relação ao conteúdo inicial. E também foram realizadas análises para quantificar as proporções de ácido húmico (AH), ácido fúlvico (AF) e de substância húmicas (AF+AH).

As amostras foram acondicionadas em potes plásticos de 250 ml (plástico para microondas), vedadas com filme plástico doméstico e armazenados em freezer até o envio para análise no laboratório da Embrapa Agrobiologia. No momento do processamento, as amostras dos compostos foram retiradas dos potes plásticos e imediatamente divididas em duas subamostras. Uma foi acondicionada em saco plástico e armazenada em freezer, para análise de pH, CE, e emissões de CO<sub>2</sub> e NH<sub>3</sub>. A outra, para análise dos teores totais e disponíveis de nutrientes, foi acondicionada em saco de papel, seca em estufa (> 72 h, 65°C), e moída em moinho tipo Willey.

O pH e a CE foram avaliados de acordo com a metodologia do MAPA (2007), em solução de água destilada (5:1 v/v). A densidade foi calculada por meio da utilização de uma proveta de 500 ml, conforme método descrito pelo MAPA (2007). As emissões de CO<sub>2</sub> e de NH<sub>3</sub> foram quantificadas conforme metodologia descrita por Oliveira et al. (2014) modificada, alterando-se a temperatura de incubação para 30°C, ao invés dos 25°C do método original.

Os teores totais de N, Ca, Mg, K e P foram avaliados no laboratório da Embrapa Agrobiologia por meio de digestão da amostra, conforme o método descrito por Silva (2009). Os teores disponíveis de N, Ca, Mg, K e P foram avaliados por meio de extração. Para Ca e Mg utilizou-se solução extratora de KCl 1,0 M e para K e P utilizou-se solução extratora Mehlich 1, conforme descrito por Silva (2009). A extração do N foi realizada por meio de solução de KCl 1,0 M, e posteriormente, o extrato obtido foi submetido a digestão com adição

de Liga de Devarda, conforme metodologia descrita por Liao (1981). Os teores de nutrientes totais e disponíveis foram calculados com base na massa seca da amostra. Os valores de nutrientes disponíveis, que normalmente são apresentados com base no volume da amostra, foram convertidos para unidade baseada na massa ( $\text{g kg}^{-1}$ ) utilizando-se os valores de densidade aparente.

A proporção da fração disponível dos nutrientes (em %) foi calculada dividindo-se o teor de nutrientes disponível pelo teor total, e multiplicando-se este resultado por 100.

Os valores de variação da massa final em relação à massa inicial das pilhas foram calculados por meio da quantidade de massa seca presente em cada composto após os 90 dias, comparado com a quantidade de massa seca presente na mesma pilha no início da compostagem. A massa seca de cada composto foi calculada em função da sua massa úmida e do teor de matéria seca. A perda de volume foi calculada da mesma forma. A perda do conteúdo de N foi calculada considerando os valores de massa das pilhas de composto e do teor deste nutriente.

As frações químicas das substâncias húmicas foram obtidas pelo fracionamento químico da MOS com base no método Kononova-Belchikova ( $\text{NaOH } 0,01 \text{ mol L}^{-1} + \text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 0,01 \text{ mol L}^{-1}$ ), descrito por Kononova (1982), com três repetições por amostra composta coletada em cada tratamento. A primeira extração foi realizada pela adição de 50 mL de  $\text{H}_3\text{PO}_4 2 \text{ mol L}^{-1}$  em 10 g da amostra. Após agitar por 30 minutos, a amostra foi centrifugada a 3.000 rpm, e o sobrenadante foi filtrado para separação da fração de restos vegetais livres. Este processo foi repetido duas vezes para cada amostra. O sobrenadante límpido constitui a fração ácido fúlvico livre (AFL).

O precipitado obtido da extração com  $\text{H}_3\text{PO}_4 2 \text{ mol L}^{-1}$  foi lavado com água destilada, sendo a seguir adicionados 50 ml de solução alcalina ( $\text{NaOH } 0,01 \text{ mol L}^{-1} + \text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 0,01 \text{ mol L}^{-1}$ ). Após repouso de uma noite, a amostra foi centrifugada a 3.000 rpm por 30 minutos. O precipitado obtido por este procedimento constitui a fração húmica (H). Uma alíquota de 25 ml do sobrenadante alcalino foi separado para determinação do teor de carbono na fração ácido húmico + ácido fúlvico (AH+AF). Outros 25 mL da solução alcalina teve o pH ajustado para 1,0 pela adição de ácido sulfúrico PA, deixada em geladeira por uma noite para decantar e após este período centrifugada por 10 minutos a 4.500 rpm. O precipitado foi redissolvido em 50 ml de  $\text{NaOH } 0,1 \text{ mol L}^{-1}$  e teve seu conteúdo de carbono determinado (fração ácido húmico, AH). Devido à natureza do procedimento de extração, a fração AH+AF pode ser também denominada de extrato alcalino (EA).

A análise estatística foi realizada por meio da aplicação inicial de teste de normalidade, sendo que os dados considerados não normais sofreram transformação de Log (x). Em seguida, foi realizada a análise de variância do esquema parcela subdividida, com tratamento na parcela e época de amostragem na sub-parcela, em delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos e quatro repetições. Foram apresentados os níveis de significância de cada fator e da interação entre os fatores. O comportamento de cada tratamento ao longo do processo de incubação foi apresentado por meio de gráficos contendo os valores médios e o erro padrão. Também foram apresentados os valores de diversas características dos compostos ao final do processo, com a comparação das médias realizada por meio do teste de Skott-Knott.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 Identificação do Coleóptero que Decompõe Esterco de Coelho

Os besouros que foram coletados no esterco de coelho da Cunicultura da UFRRJ (Figura 5) que produzem as larvas avaliadas nesse trabalho foram identificados conforme a classificação científica apresentada na Tabela 1.

**Tabela 1.** Classificação científica do besouro decompositor das fezes de esterco de coelho.

Reino	Animalia
Filo	Arthropoda
Classe	Insecta
Ordem	Coleoptera
Família	Scarabaeidae
Subfamília	Cetoniinae
Gênero	Gymnetis
Espécie	<i>Gymnetis chalcipes</i> Gory & Percheron, 1833



**Figura 5:** *Gymnetis chalcipes*. Fonte: <https://br.pinterest.com/pin/72409506485155995/>

### 6.2. Incubação do esterco de coelho por diferentes agentes decompositores

Os resultados da análise de variância estão apresentados na Tabela 2, onde se pode observar que ocorreu efeito significativo para tratamentos em 14 das 20 propriedades avaliadas, demonstrando que as diferentes formas de compostagem estudadas proporcionaram respostas significativamente diferentes em diversas características. Em relação ao tempo de incubação, observou-se efeito significativo em 16 das 20 características avaliadas. Observou-se, também, interação entre os tratamentos e o tempo de compostagem em cinco características.

**Tabela 2:** Resultados da análise de variância do esquema parcela dividida, com tratamento na parcela e tempo de incubação na subparcela, apresentado os níveis de significância de cada fator e da interação entre os fatores, e os coeficientes de variação das parcelas e das subparcelas.

Propriedades químicas	Nível de significância			CV%	
	Tratamento (Tr)	Tempo (Te)	Interação Tr x Te	Parcela	Subparcela
pH	<0,001 **	<0,001 **	0,010 *	1,76	1,36
Condutividade elétrica	0,012 **	<0,001 **	0,324 ns	11,04	6,50
Densidade da partícula	0,072 ns	0,002 **	0,472 ns	16,24	8,91
Emissão de CO <sub>2</sub>	0,002 **	<0,001 **	0,081 ns	10,32	8,69
Emissão de NH <sub>3</sub>	<0,001 **	<0,001 **	<0,001 **	47,22	45,25
Teor total de N	0,344 ns	0,129 ns	0,658 ns	23,62	10,59
Teor de N disponível	0,026 *	0,037 *	0,274 ns	22,12	21,54
Proporção de N disponível <sup>1</sup>	0,048 *	<0,001 **	0,034 *	8,84	7,71
Teor total de Ca	0,327 ns	0,017 *	0,281 ns	25,15	12,90
Teor de Ca disponível	<0,001 **	0,011 *	0,055 ns	21,19	13,95
Proporção de Ca disponível	<0,001 **	<0,001 **	0,076 ns	18,19	15,08
Teor total de Mg	0,245 ns	<0,001 **	0,021 *	20,42	9,07
Teor de Mg disponível	<0,001 **	0,210 ns	0,142 ns	20,71	14,63
Proporção de Mg disponível	<0,001 **	0,006 **	0,273 ns	19,99	16,99
Teor total de P	0,312 ns	0,008 **	0,125 ns	22,63	9,63
Teor de P disponível	0,002 **	0,028 *	0,077 ns	19,60	14,44
Proporção de P disponível	<0,001 **	0,835 ns	0,604 ns	12,41	16,63
Teor total de K	0,404 ns	<0,001 **	0,281 ns	19,87	10,70
Teor de K disponível	<0,001 **	0,018 *	0,032 *	12,51	13,87
Proporção de K disponível	<0,001 **	0,518 ns	0,075 ns	5,88	12,82

\*\* : significativo ao nível de 1,0%; \* : significativo ao nível de 5,0%; ns : não significativo.

1- Dados transformados em Log(x).

Em relação ao pH, observa-se na Figura 6 que houveram efeitos significativos do tempo de compostagem, tratamentos e da interação tempo x tratamento.

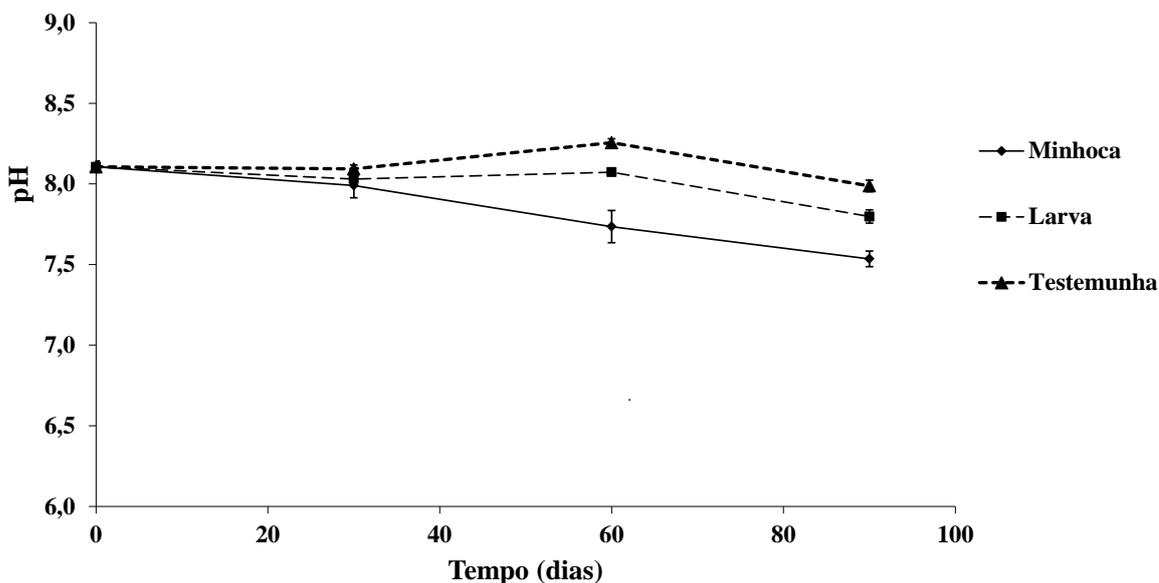
A diferenciação entre os valores de pH dos tratamentos começou a ocorrer a partir dos 30 dias, quando o tratamento com minhocas (T1) apresentou uma queda constante até o final do experimento, atingindo aos 90 dias, pH final mais próximo à neutralidade do que os tratamentos com larvas e testemunha (T2 e T3), porém a testemunha apresenta pH mais elevado que os demais tratamentos.

O pH fornece informações sobre o estado de decomposição da matéria orgânica que foi submetida a um processo de fermentação, no qual a matéria-prima crua terá reação ácida; quando neutra ou quase neutra, o composto está estabilizado; e reação alcalina quando o composto estiver humificado (KIEHL,1985).

Os valores de pH estão diretamente relacionados com a matéria prima utilizada na vermicompostagem. Morselli et al. (1996) ao utilizarem diferentes materiais orgânicos na vermicompostagem, obtiveram valores de pH de 6,6 quando a matéria prima foi a borra de

café e 8,1 quando a matéria prima foi a erva-mate. Nesse trabalho, como a matéria prima é a mesma, os efeitos observados são decorrentes da decomposição em função da presença ou não de dois tipos de organismos da macrofauna do solo. Observa-se que o esterco de coelho incubado com minhoca e com larva mostrou resultados de pH mais próximos da neutralidade, o que pode ser atribuído a ação desses organismos, proporcionando maior aeração no esterco, influenciando na diminuição do pH. Já o esterco incubado sem a presença de larvas e minhocas, provavelmente por ser menos aerado, apresentou valores de pH mais elevados, o que corrobora com Bidone (2001) que afirma que a compostagem aeróbia provoca elevação do pH.

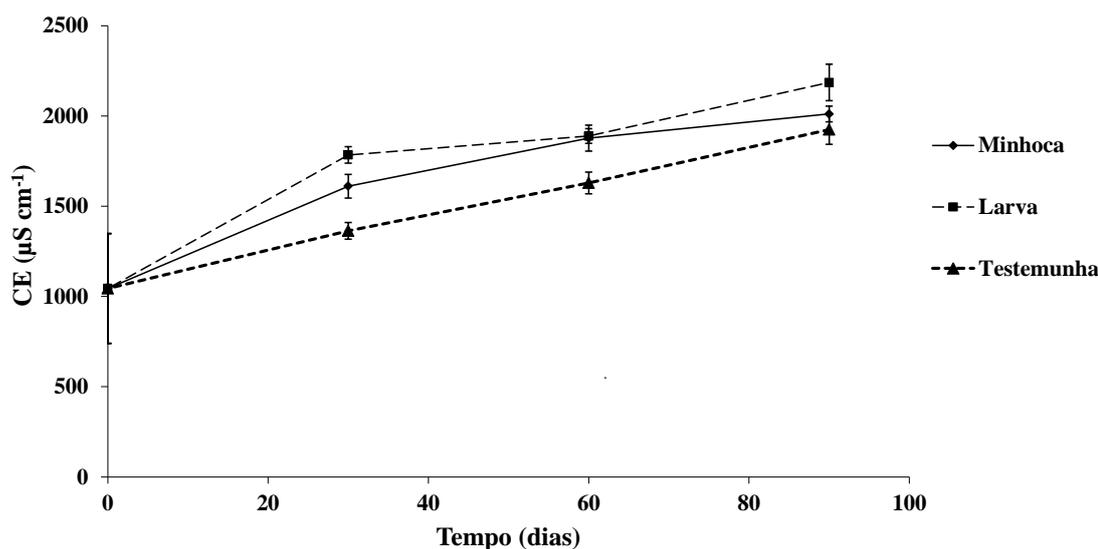
De acordo com Haimi e Huhta (1987), citados por AQUINO (1991) valores muito elevados de pH podem representar perdas de nitrogênio amoniacal por volatilização.



**Figura 6:** Valores de pH observados em esterco de coelho submetido a diferentes processos de incubação. (Média de quatro repetições + erro padrão).

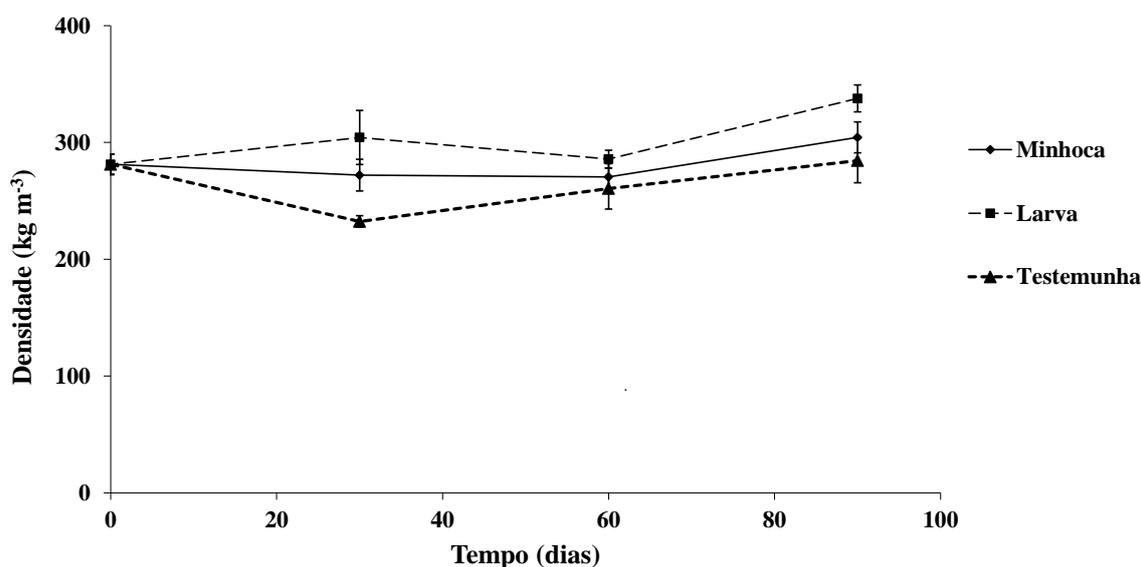
Na Figura 7 são apresentados os valores da condutividade elétrica ao longo do processo de incubação do esterco de coelho com diferentes agentes decompositores. Observa-se que a CE aumenta ao longo do tempo nos três tratamentos, indicando a perda de massa dos resíduos de compostagem e a consequente concentração de sais. A condutividade elétrica é um indicativo da concentração de sais na solução e fornece um valor da estimativa de salinidade nos substratos. A observação da condutividade elétrica é um importante fator, pois, o excesso de sais pode prejudicar o crescimento das plantas (GRAZIANO et al., 1995; HANDRECK e BLACK, 1999).

O menor incremento de CE observado no tratamento testemunha aos 30 dias e com minhocas aos 60 dias pode ser uma consequência da volatilização do N (GAO et al., 2010). No entanto, os valores de CE entre 2000 a 4000  $\mu\text{S cm}^{-1}$  são considerados altos para substratos. Valores de 1000 a 2000  $\mu\text{S cm}^{-1}$  são normais e menores que 1000  $\mu\text{S cm}^{-1}$  são considerados baixos (ARAÚJO NETO et al., 2009). Ao final do processo observou-se que os Tratamentos com minhoca e testemunha apresentavam valores dentro do recomendado como referência e o tratamento com larvas, valor bem próximo aos valores de referência.



**Figura 7:** Valores de condutividade elétrica (CE) observados em esterco de coelho submetido a diferentes processos de incubação. (Média de quatro repetições + erro padrão).

Ao final do processo de incubação, não houve diferença significativa na densidade entre os tratamentos, conforme indicado na tabela 1, porém, houve diferença entre os tempos de incubação.



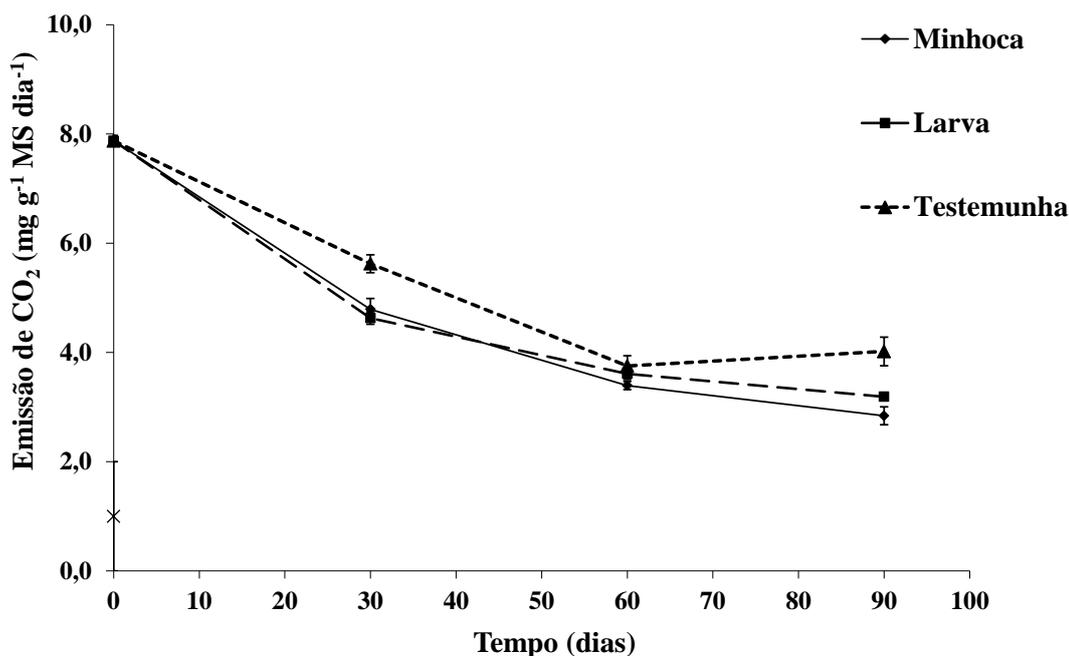
**Figura 8:** Valores de densidade da partícula observados em esterco de coelho submetido a diferentes processos de incubação. (Média de quatro repetições + erro padrão).

As curvas da emissão de CO<sub>2</sub> estão apresentadas na figura 9. No início do processo ocorreu elevada emissão de CO<sub>2</sub> em todos os tratamentos, reduzindo-se gradativamente até os 60 dias, se estabilizando no final do processo de incubação, o que indica grande atuação de organismos decompositores na fase inicial. De acordo com Oliveira et al. (2014), a emissão de CO<sub>2</sub> está relacionada, principalmente, com o auto aquecimento e consumo de O<sub>2</sub> pelos microrganismos.

Para Bernal et al., (2009); TMECC (2002); Wichuk & McCartney (2013) com emissão de CO<sub>2</sub> superior a 4,0 mg g<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, os materiais são considerados instáveis. De acordo com esta afirmação, no processo de incubação do esterco, a testemunha apresenta emissão de CO<sub>2</sub> um pouco acima de 4,0 mg g<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> aos 90 dias, enquanto os tratamentos com larva e minhocas alcançam valores menores, possivelmente pela contribuição de fragmentação, que aumenta a superfície de contato das partículas favorecendo a colonização de bactérias, fungos e atividade microbiana, influenciando na maturação do composto ao longo do processo.

O aumento da emissão de CO<sub>2</sub> da testemunha no final da incubação pode estar relacionado com alguma limitação dos microrganismos, pois quanto mais fina a granulometria do material compostado, maior a ação dos microrganismos (BRITO,2005), nesse caso, a ação fragmentadora ocorrida nos tratamentos com minhocas e larvas podem favorecer uma maior interação com microrganismos do que o tratamento testemunha. De acordo com Vallini (1995) a extensão da área superficial e o grau de decomposição aumentam com a redução da dimensão das partículas.

Sabe-se que “a atividade dos microrganismos decompositores nos processos de compostagem está estritamente relacionada à diversificação e a concentração de nutriente, pois, de acordo com Kiehl (1998) a respiração da biota é um importante indicador do grau de maturação de material orgânico. A atividade (respiração aeróbia de microrganismos quimiorganotróficos) é mais intensa, com maior liberação de CO<sub>2</sub>. No entanto, no final da incubação, ao observarmos a tabela 2 os dados indicam predominância de ácidos húmicos sobre os ácidos fúlvicos em todos os tratamentos, sendo um indicativo de humificação adequada dos resíduos avaliados. Resultados semelhantes foram obtidos por Silva (2009) ao avaliar o grau de humificação, em resíduos orgânicos de origens e composição distintas no decorrer do processo de compostagem.

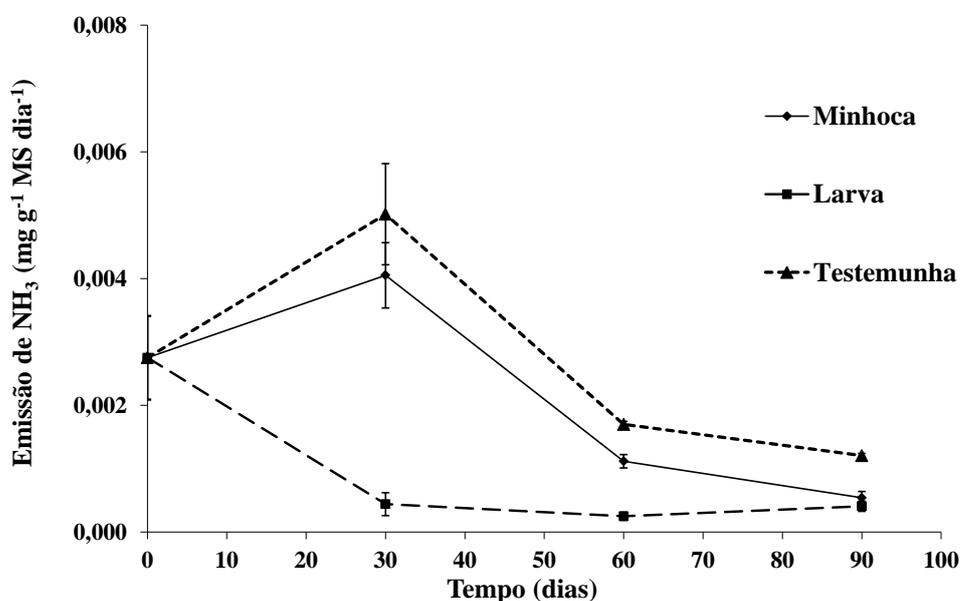


**Figura 9.** Emissões de CO<sub>2</sub> observadas em esterco de coelho submetido a diferentes processos de incubação. (Média de quatro repetições + erro padrão).

Os resultados de emissão de NH<sub>3</sub> estão apresentados na Figura 10, onde observa-se que ocorreu elevada emissão aos 30 dias, nos tratamentos testemunha e com minhoca, e uma gradativa redução no tratamento com larva. Essa perda de NH<sub>3</sub> por volatilização,

provavelmente, pode ter ocorrido devido a atuação de microrganismos que inicialmente na compostagem, metabolizam o nitrogênio orgânico transformando-o em nitrogênio amoniacal, mas também Sommer & Moller (2000) e Raviv et al., (2004) relatam que as perdas de N durante o processo de compostagem aumentam com a temperatura e a intensidade com que se realizam as trocas gasosas com o exterior, com a diminuição da relação C/N e com o aumento do pH. Os processos de volatilização da amônia e de desnitrificação são responsáveis pelas maiores perdas de N durante a compostagem.

No decorrer da decomposição, a amônia pode ser perdida por volatilização ou convertida à forma de nitratos, pela nitrificação, fenômeno que é acidificante e contribui para que o composto maturado seja mais ácido do que o material original. Bernal et al. (2009) citado por Oliveira et. al. (2014) afirmam que elevadas perdas de N ocorrem na compostagem de esterco devido à elevada concentração de  $\text{NH}_3$  e à presença de compostos facilmente degradáveis. Segundo Hafner et al. (2013), a emissão de  $\text{NH}_3$  a partir de dejetos animais resulta em perdas significativas de N nos sistemas agrícolas e pode contribuir para a poluição do ar e a degradação dos ecossistemas.



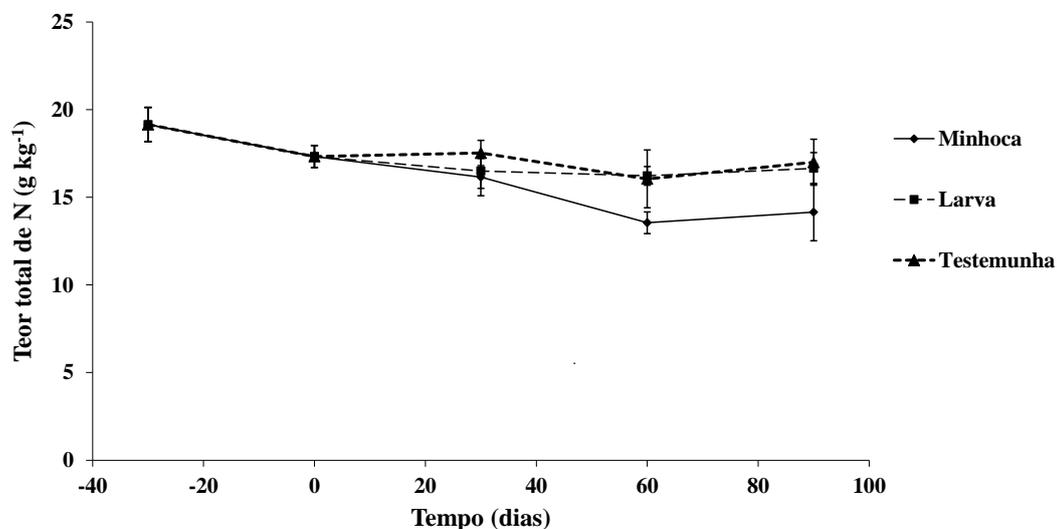
**Figura 10:** Emissões de  $\text{NH}_3$  observadas em esterco de coelho submetido a diferentes processos de incubação. (Média de quatro repetições + erro padrão).

Os gráficos a seguir são apresentados considerando-se os resultados das análises do esterco de coelho antes do processo de pré-estabilização, sendo plotados com a indicação de tempo com sinal negativo (-).

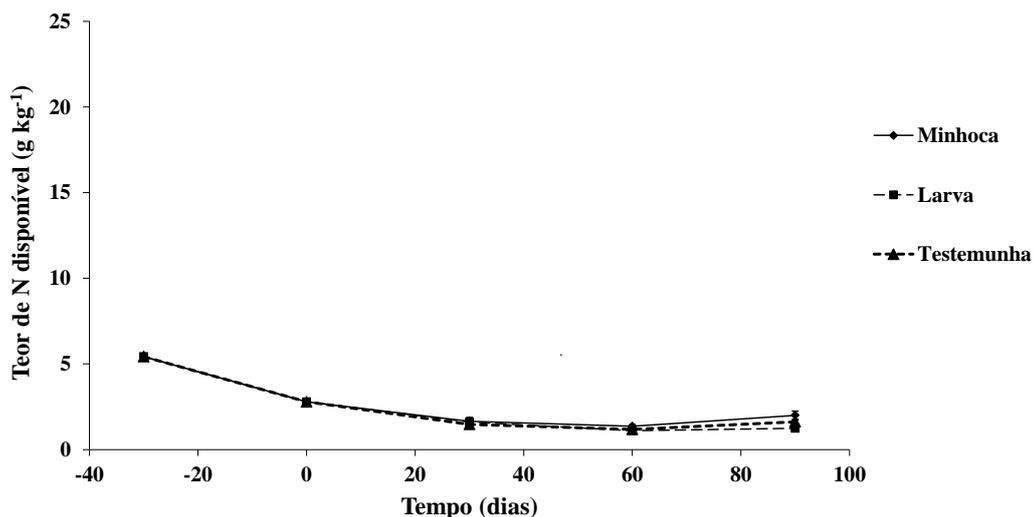
De acordo com Anjos et al. (2015) a concentração de nutrientes em resíduos orgânicos tende a aumentar durante o processo de vermicompostagem. Esse aumento é mais significativo para fósforo (P), cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Potássio (K) e micronutrientes e é atribuído a um efeito de concentração causado pela mineralização da matéria orgânica.

Observa-se nas figuras 11, 12 e 13 que o N dos substratos em suas diferentes formas no período anterior ao da incubação apresentam valores em torno de  $20\text{g kg}^{-1}$ , conforme Leal

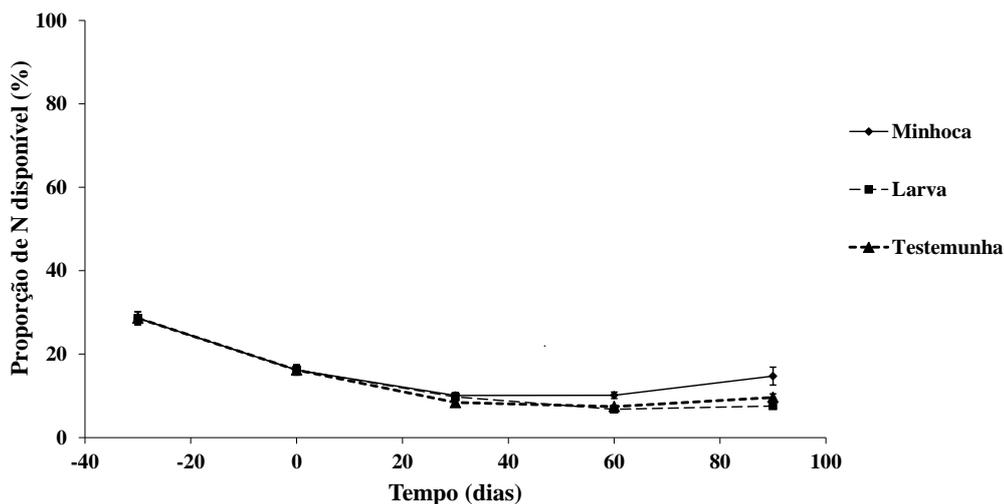
*et al.* (2013) esses valores são superiores aos normalmente encontrados nos fertilizantes orgânicos tradicionais, porém, o N amoniacal aumentado no início do processo de incubação, cai no final, decorrente da nitrificação, se transformando em N nítrico. A relação C/N também cai devido a essa perda de N e de massa por emissão de CO<sub>2</sub>



**Figura 11:** Teores totais de N observados em esterco de coelho submetido a diferentes processos de incubação. (Média de quatro repetições + erro padrão).



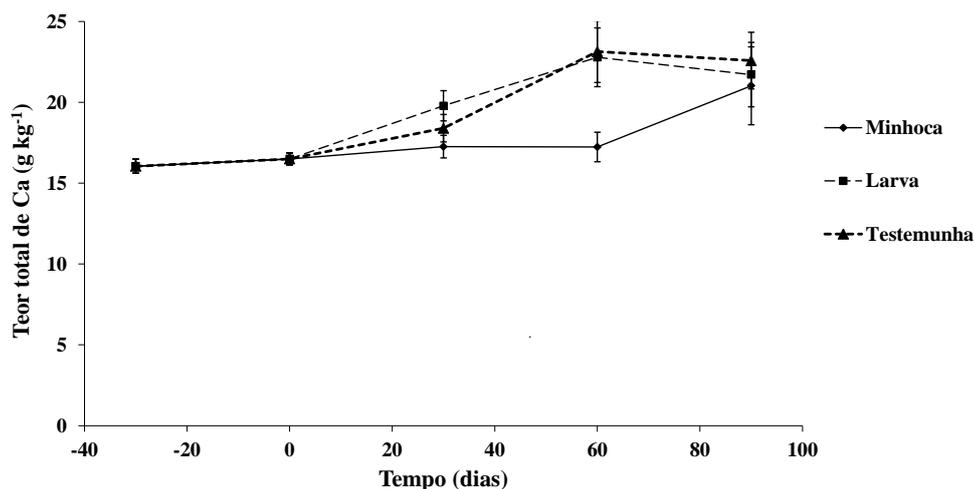
**Figura 12:** Teores de N disponível observados em esterco de coelho submetido a diferentes processos de incubação. (Média de quatro repetições + erro padrão).



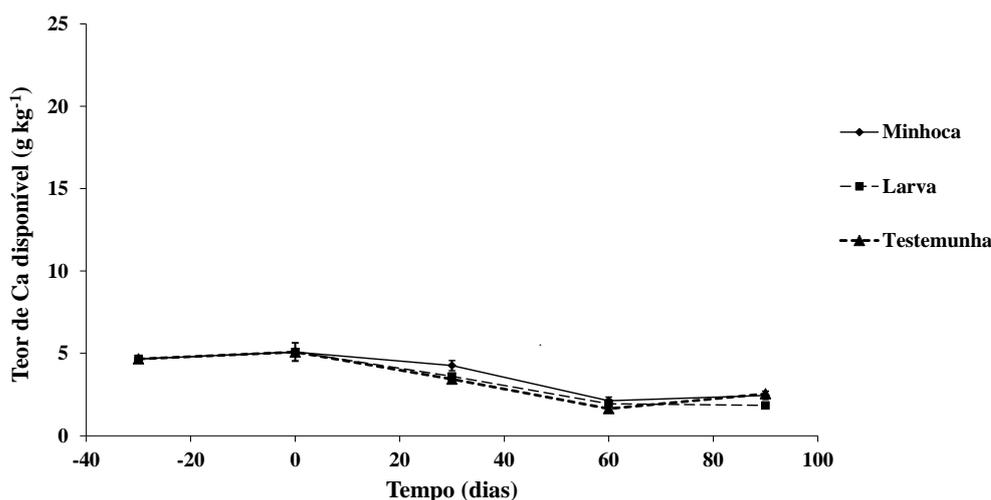
**Figura 13:** Proporções (%) entre valores disponíveis e totais de N observadas em esterco de coelho submetido a diferentes processos de incubação. (Média de quatro repetições + erro padrão).

Não houve diferença significativa entre os teores de Ca total dos diferentes tratamentos e tão pouco interação com o tempo (tabela 2).

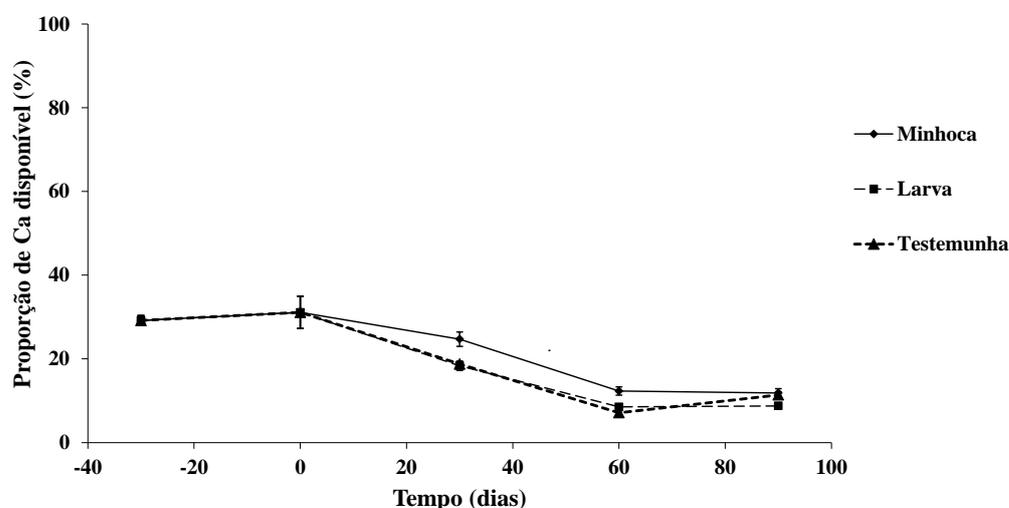
Joshi e Kelkar (1982) afirmam que a maioria das espécies de minhocas excretam, pelas glândulas calcíferas, o cálcio na forma de  $\text{CaCO}_3$ , elevando o pH do solo com a consequente alteração da solubilidade de vários nutrientes. Brady (1989), diz que o  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  e  $\text{K}^+$  trocáveis são mais elevados nos resíduos de minhocas, porém não foi observado aumento do teor de Ca até o final da incubação no tratamento com minhocas.



**Figura 14:** Teores totais de Ca observados em esterco de coelho submetido a diferentes processos de incubação. (Média de quatro repetições + erro padrão).



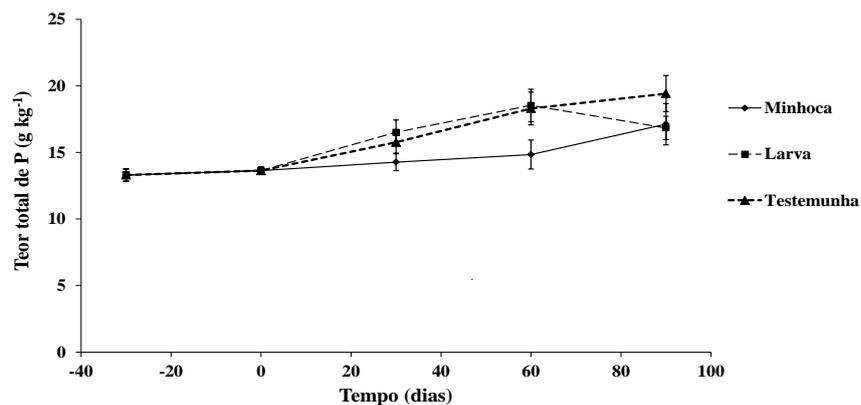
**Figura 15:** Teores de Ca disponível observados em esterco de coelho submetido a diferentes processos de incubação. (Média de quatro repetições + erro padrão).



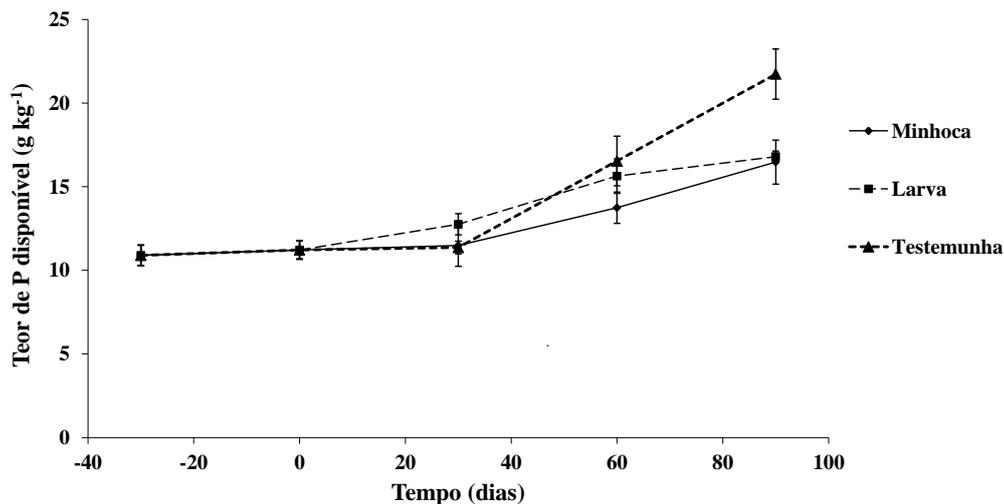
**Figura16:** Proporções (%) entre valores disponíveis e totais de Ca observados em esterco de coelho submetido a diferentes processos de incubação. (Média de quatro repetições + erro padrão).

Nas figuras 17, 18 e 19 observa-se um incremento no teor total de fósforo (P), que provavelmente ocorreu devido a redução da massa durante o processo de compostagem. Não foram observadas diferenças significativas entre tratamentos ao longo do processo de compostagem. No entanto, ocorreram diferenças entre tratamentos em relação ao teor de P disponível. Aos 90 dias da incubação, os tratamentos com larvas e minhocas imobilizaram mais P disponível que a testemunha, o que pode ter ocorrido devido a atividade da biomassa microbiana presente na digestão de minhocas e larvas, imobilizando nutrientes e retendo substâncias químicas complexas que antes estavam disponíveis.

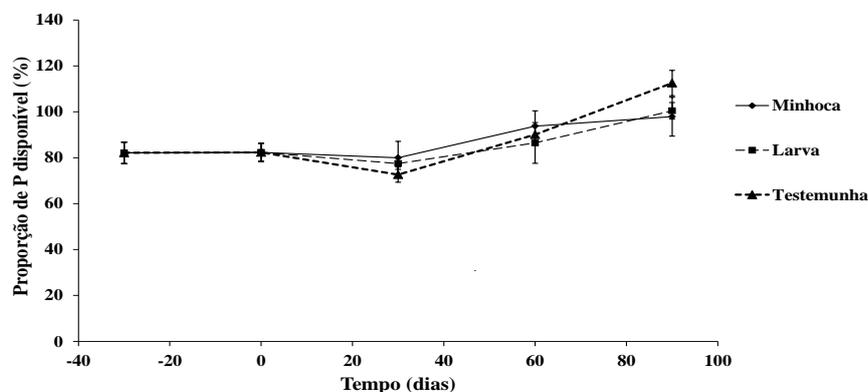
Em trabalhos realizados por Severino et. al. (2006), observaram teores expressivos de fósforo encontrados na cama de frango ( $38,7 \text{ g.kg}^{-1}$ ), cinza de madeira ( $33,6 \text{ g.kg}^{-1}$ ) e torta de mamona ( $31,1 \text{ g.kg}^{-1}$ ) respectivamente.



**Figura 17** Teores totais de P observados em esterco de coelho submetido a diferentes processos de incubação. (Média de quatro repetições + erro padrão).

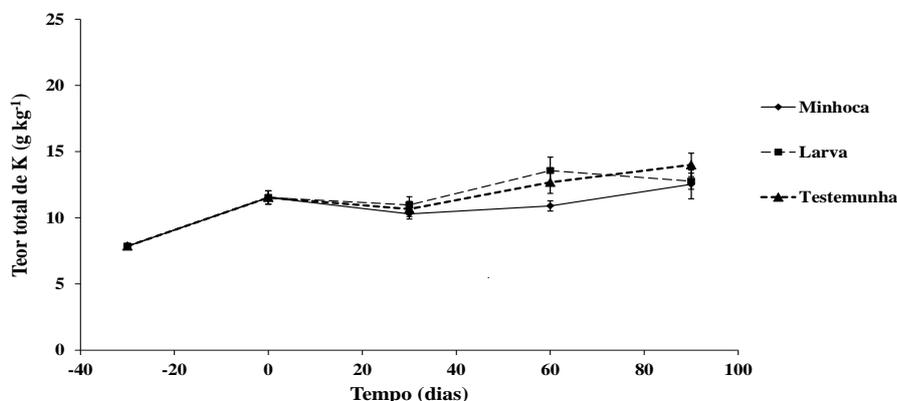


**Figura 18:** Teores de P disponível observados em esterco de coelho submetido a diferentes processos de incubação. (Média de quatro repetições + erro padrão).

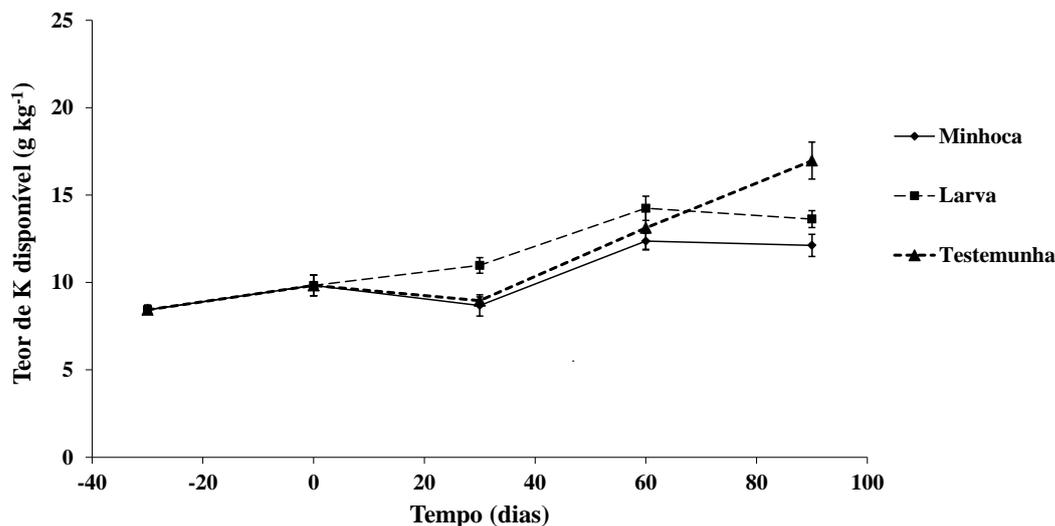


**Figura 19:** Proporções (%) entre valores disponíveis e totais de P observados em esterco de coelho submetido a diferentes processos de incubação. (Média de quatro repetições + erro padrão).

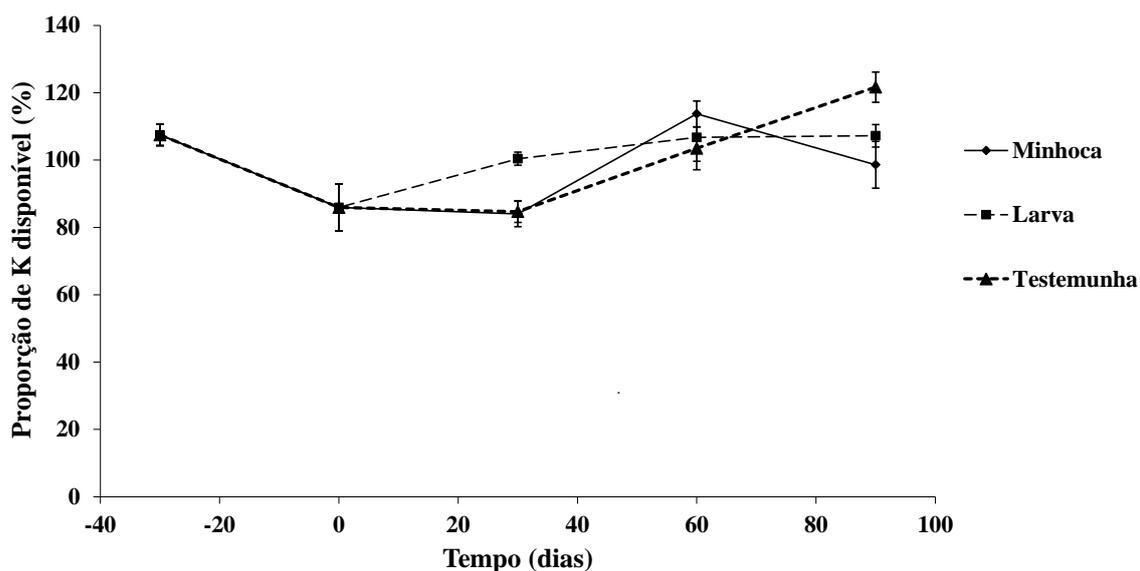
Houve diferença significativa no teor de K disponível entre a testemunha e os tratamentos com larvas e com minhocas. Nos tratamentos que continham organismos da macrofauna pode ter havido imobilização do K. No entanto, pesquisa realizada por Nascimento et al (2015) onde avaliaram o teor de nutrientes em vermicomposto, produzido com palha de café, concluíram que o teor de potássio também reduziu no substrato, do início para o final do período de avaliação. Eles atribuíram essa perda à lixiviação no canteiro.



**Figura 20:** Teores totais de K observados em esterco de coelho submetido a diferentes processos de incubação. (Média de quatro repetições + erro padrão).



**Figura 21:** Teores de K disponível observados em esterco de coelho submetido a diferentes processos de incubação. (Média de quatro repetições + erro padrão).



**Figura 22:** Proporções (%) entre valores disponíveis e totais de K observados em esterco de coelho submetido a diferentes processos de incubação. (Média de quatro repetições + erro padrão).

A tabela 3 apresenta valores de diversas características dos compostos ao final do processo, com a comparação das médias realizada por meio do teste de Skott-Knott.

Aos 90 dias de incubação não houve diferenças significativas dos teores de ac. fúlvico (AF) e de ac. húmico (AH), e também da relação AH/AF entre os tratamentos sobre os. Já, a testemunha apresentou teores de AF+AH e índice de humificação significativamente superior aos demais tratamentos, indicando que a incubação realizada sem as minhocas e sem as larvas de *Cetoniinae* proporcionou maior humificação que os demais tratamentos. A formação das substâncias húmicas se dá por inúmeros mecanismos e rotas bioquímicas, que são mais ou menos atuantes de acordo com a quantidade do substrato orgânico e das condições químicas e ou bioquímicas do meio onde se processam essas reações (STEVENSON, 1982). Na rota da polimerização os resíduos são decompostos em substâncias mais simples chamadas fração leve e essas substâncias mais simples começam a se aglomerar e se polimerizar formando substâncias mais complexas, onde primeiro há formação de ácidos fúlvicos com baixo grau de polimerização seguido de ácidos húmicos com grau intermediário de polimerização e finalmente a humina que é a fração de substância húmica mais polimerizada e aromática. Além de outros indicadores, a maturação do adubo está diretamente relacionada com a proporção de substâncias húmicas (frações: ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina).

A quantificação das frações é um indicador do grau de maturação do composto e por isso da sua qualidade. As substâncias húmicas informam sobre os processos que regulam ou determinam os benefícios que o fertilizante promoverá no solo e nas plantas (DIAS, 2005).

O processo de compostagem normalmente deve permitir a conservação do N e a transformação do carbono orgânico em dióxido de carbono e substâncias húmicas (BATISTA e BATISTA, 2007).

**Tabela 3.** Caracterização física e química dos substratos produzidos após 90 dias de incubação do esterco de coelho com larva de besouro, minhoca e testemunha (média de quatro repetições + erro padrão).

CARACTERÍSTICAS	Minhoca		Larva		Testemunha	
pH	7,54	c	7,80	b	7,99	A
Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	2012	a	2186	a	1925	B
Densidade ( $\text{kg m}^{-3}$ )	322	a	354	a	300	A
Teor total de N ( $\text{g kg}^{-1}$ )	14,15	a	16,65	a	17,00	A
Teor de N disponível ( $\text{g kg}^{-1}$ )	2,00	a	1,24	b	1,62	B
Proporção de N disponível (%)	14,71	a	7,56	b	9,62	B
Proporção (%) da massa inicial (CV = 13,66 %)	77,2	a	74,4	a	82,7	A
Proporção (%) do volume inicial (CV = 6,81 %)	52,8	b	43,0	c	63,0	A
Proporção (%) do N inicial (CV = 17,37 %)	61,2	a	72,2	a	80,8	A
Teor total de Ca ( $\text{g kg}^{-1}$ )	21,02	a	21,72	a	22,58	A
Teor de Ca disponível ( $\text{g kg}^{-1}$ )	2,45	a	1,84	b	2,54	A
Proporção de Ca disponível (%)	11,86	a	8,76	a	11,38	A
Teor total de Mg ( $\text{g kg}^{-1}$ )	7,22	a	6,91	a	8,36	A
Teor de Mg disponível ( $\text{g kg}^{-1}$ )	2,43	a	2,30	a	2,67	A
Proporção de Mg disponível (%)	34,98	a	33,56	a	31,93	A
Teor total de P ( $\text{g kg}^{-1}$ )	17,13	a	16,85	a	19,43	A
Teor de P disponível ( $\text{g kg}^{-1}$ )	16,47	b	16,80	b	21,73	A
Proporção de P disponível (%)	97,89	a	100,47	a	112,56	A
Teor total de K ( $\text{g kg}^{-1}$ )	12,53	a	12,76	a	14,00	A
Teor de K disponível ( $\text{g kg}^{-1}$ )	12,12	b	13,63	b	16,97	A
Proporção de K disponível (%)	98,61	a	107,23	a	121,67	A
Proporção (%) da massa inicial (CV = 13,66 %)	77,2	a	74,4	a	82,7	A
Proporção (%) do volume inicial (CV = 6,81 %)	52,8	b	43,0	c	63,0	A
Proporção (%) do N inicial (CV = 17,37 %)	61,2	a	72,2	a	80,8	A
Ac. Húmico + Ac. Fulvico ( $\text{g kg}^{-1}$ , CV = 12,68 %)	2,82	b	3,35	b	3,88	A
Ac. Húmico ( $\text{g kg}^{-1}$ , CV = 15,63 %)	1,92	a	2,04	a	2,46	A
Ac. Fúlvico ( $\text{g kg}^{-1}$ , CV = 34,50 %)	0,90	a	1,31	a	1,45	A
Relação Ac. Húmico / Ac. Fúlvico (CV = 34,50 %)	2,77	a	1,67	a	1,92	A
Índice de Humificação (CV = 15,34 %)	0,85	b	0,77	b	1,13	A

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5,0% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott; Índice de humificação = (ac. húmico / C org) \*100.

Queiroz et al. avaliaram a influência do esterco de coelho, combinado ou não com adubo industrial no cultivo do milho e concluíram que o esterco de coelho apresentou potencial para mineralização em curto prazo, além de relação C/N próxima do valor indicado como referência ( $C/N \leq 20$ ) podendo ser classificado como um fertilizante orgânico simples de acordo com o decreto 4954/2004 (MAPA, 2004) e em conformidade com a Instrução Normativa n.º 25/2009 do Ministério da Agricultura (MAPA, 2009).

## 7. CONCLUSÕES

- a. A espécie de besouro identificada como *Gymnnetis Chalcipes*, que foi utilizada na presente pesquisa, pertence a subfamília *Cetoniinae*. Faz oviposição no esterco de coelhos e as larvas, ao se alimentarem desse esterco, produzem coprólitos denominado Cetoniinaecomposto, com potencial para ser utilizado como substrato na produção de mudas de alface.
- b. Os compostos de esterco de coelho obtidos por larva de *Cetoniinae* (Cetoniinaecomposto), ou pelas minhocas (vermicomposto) e sem ambos os organismos foram similares na maioria das características avaliadas. Mas, ao longo dos 90 dias, os tratamentos com minhoca e larva tiveram menor perda de  $\text{NH}_3$ .
- c. Aos 90 dias houve estabilização do composto, medido pela evolução do  $\text{NH}_3$ , nos tratamentos minhoca e larva. O Tratamento com larva apresentou menor emissão de N ao longo do período de incubação.
- d. A evolução de  $\text{CO}_2$  foi eficiente na medida da estabilização do composto, apresentando potencial de ser utilizado como indicador do grau de estabilização do composto.
- e. Houve variação da estabilização conforme o atributo, enquanto para evolução de  $\text{NH}_3$  o composto mais estável aos 90 dias foram os tratamentos com minhocas e larvas, já para o índice de humificação a testemunha apresentava-se mais estável.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSEN, A. Plant protection in spring cereal production with reduced tillage. II. Pests and beneficial insects. *Crop Protecion*, n. 18, p. 651-657, 1999.
- ANJOS, J. L.; AQUINO, A. M.; SCHIEDECK, G. *Minhocultura e vermicompostagem: Interface com sistemas de produção, meio ambiente e agricultura de base familiar*. Brasília, DF: Embrapa, 2015. Cap. 5.
- ANTONIOLLI, Z. I.; STEFFEN, G. P. K.; STEFFEN, R. B. Utilização de casca de arroz e esterco bovino como substrato Para a multiplicação de *Eisenia fetida* Savigny (1826). *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 33, n. 3, p. 824-830, 2009.
- AQUINO, A.M. Vermicompostagem de esterco bovino e bagaço decana-de-açúcar inoculados com bactéria fixadora de N<sub>2</sub> (*Acetobacter diazotrophicus*). Itaguaí : Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1991. 246p. Tese de Mestrado.
- AQUINO, A. M., ALMEIDA, D. L.; SILVA, V. F. Utilização de minhocas na estabilização de resíduos orgânicos: vermicompostagem. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa Biológica do Solo, 1992. 13p. (Comunicado técnico, 8).
- AQUINO, A. M. Fauna do solo e sua inserção na regulação funcional do agroecossistema. 2006. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/biotacap3ID-dr6kaaCh87.pdf> Acesso: maio de 2013.
- AQUINO, A. M. Integrando compostagem e vermicompostagem na reciclagem de resíduos orgânicos domésticos. *Seropédica: Embrapa Agrobiologia*, 2005. 4 p (Embrapa – CNPAB. Circular Técnica, 12).
- ARAÚJO NETO, S. E.; AZEVEDO, J. M. A.; GALVÃO, R. O.; OLIVEIRA, E. B. L.; FERREIRA, R. L. F. Produção de muda orgânica de pimentão com diferentes substratos. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1408-1413, ago. 2009.
- AUDINO, H. “Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae) de um bosque de eucalipto introduzido em uma região originalmente campestre” *Série Zoologia*, Porto Alegre, 101(1-2):121-126, 30 de junho de 2011.
- AVENIMELECH, Y.; BRUNER, M.; EZRONY, I.; SELA, R.; KOCHBA, M. Stability indexes for municipal solid waste composting. *Compost Science and Utilization*, v.4, p.13-20, 1996.
- BALDAIA, L.; FÉLIX, J.M. Terra, Universo de vida: *Biologia e Geologia 10<sup>o</sup> ano, 2<sup>a</sup> parte – Biologia*, 1<sup>a</sup> edição, Porto: Porto Editora. 2008.
- BATISTA, J.; Batista, E., 2007. *Compostagem: Utilização de compostos em horticultura*, Universidade dos Açores.
- BERNHARDT’S, P. Convergent evolution and adaptive radiation of beetle pollinated angiosperms. *Plant Systematics and Evolution*. v. 222, p. 293–320, 2000.
- BERNAL, M. P.; ALBURQUERQUE, J. A.; MORAL, R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment: a review. *Bioresurce Technology*, n. 100, p. 5444-5453, 2009
- BIDONE, F. A. (Org.). *Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: eliminação e valorização*. Brasília: FINEP/PROSAB, 2001. 216 p.

- BIEZANKO, C.; BERTHOLDI, R.; BAUCKE, O. Relação dos principais insetos prejudiciais observados nos arredores de Pelotas nas plantas cultivadas e selvagens. *Agros*, v. 2, p. 156–213, 1949.
- BORROR, D. J.; DELONG, D. M. *Introdução ao estudo dos insetos*. São Paulo:Edgard Blücher, 1988.
- BROWN, GG.; DOMINGUES, J. Uso das minhocas como bioindicadoras ambientais: princípios e práticas – 3º Encontro Latino Americano de Ecologia e Taxonomia das oligoquetas (ELAETAO3). *Ciência Rural*, 2008 no prelo
- BRITO, L.M.C.M. Manual de Compostagem. Escola Superior Agrária de Ponte de Lima, Instituto Superior de Viana do Castelo. 2005. <http://www.ci.esapl.pt/mbrito/compostagem>.
- BRUM JÚNIOR, S. B.; PELLEGRINI, L. G.; SILVA, E. S.; SILVA, M. C. B.; LIMA, Q. T.; PELLEGRIN, A. C. R. S. Implantação da cunicultura como uma alternativa de produção de proteína animal para a comunidade carente de São João do Barro preto - Brasil, *Revista Brasileira de Cunicultura*, Minas Gerais, v. 2, n. 1, p. 01 – 16, 2012.
- CASTILLO, H.; HERNÁNDEZ, A.; DOMINGUEZ, D.; OJEDA, D. Effect of californian red worm (*Eisenia foetida*) on the nutrient dynamics of a mixture of semicomposted materials. *Bioresource Technology*, v. 102, p. 4171 – 4178.2010.
- CAPRA, F. A Teia da Vida. São Paulo: Pensamento, 2004.
- CHACÓN, E. A. V. Caracterização, decomposição e biodisponibilidade de nitrogênio e fósforo de materiais orgânicos de origem animal e vegetal. 2005. 143 f. Tese. (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG).
- CONDÉ, P. A. “Comunidade de Besouros Scarabaeinae (Coleoptera:Scarabaeidae) em duas áreas de Mata Atlântica do Parque Municipal da Lagoa do Peri, Florianópolis-SC:Subsídios para o Biomonitoramento Ambiental.” Florianópolis, SC: UFSC, 44p (Monografia: Curso de ciências Biológicas) Universidade Federal de santa Catarina.2008.
- CORREIA, M. E. F. Potencial da utilização dos atributos das comunidades de fauna do solo e de grupos chave de invertebrados como bioindicadores de manejo dos ecossistemas. *Seropédica: Embrapa Agrobiologia (documentos 157)*, 23p. dez 2002.
- CORREIA, M. E. F. Distribuição, preferência alimentar e transformação de serrapilheira por diplópodes em sistemas florestais. 2003. 100 p. Tese (Doutorado) – Universidade FederalRural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.
- CORREIA,M.E. F.; AQUINO,A.M.Os Diplópodes e suas associações com microorganismos na ciclagem de nutrientes. 2005.
- CROSSLEY, D.A. JR., MUELLER, B.R., & PERDUE, J.C. 1992. Biodiversity of microarthropods in agricultural soils: relations to processes. *Agric. Ecosystems Environ.* 40:37-46.
- DA SILVA, P. G. Espécies de Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) de fragmentos florestais com diferentes níveis de alteração em Santa Maria, Rio Grande do Sul. Tese de Doutorado. MSc thesis, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brazil. 2011.
- DEVIDE, A. C. P., GUERRA, J. G.M., AQUINO, A. M. Estudo comparativo da adaptabilidade da minhoca *Eisenia fetida* em esterco de suíno, galinha, coelho e bovino misturados ao bagaço de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 27, 1999, Brasília. Resumos... Brasília: SBCS/EMBRAPA, 1999. (CD ROM).

- DIAS, B. O. Estoque de carbono e quantificação de substâncias húmicas de latossolo sob aplicação continuada de lodo de esgoto. Caracterização da matéria orgânica de latossolo sob aplicação continuada de lodo de esgoto. 2005. Cap. 2, p. 19-47. Dissertação (Mestrado em solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2005.
- DIAZ, A. A. G. Efecto de los exudados radiculares de la higuierilla (*Ricinus communis*) (Euphorbiaceae) en la sobrevivencia de larvas de *Gymnetis* sp. (Coleoptera, Scarabaeidae). Tese de Graduação. Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma. Universidad Privada Antenor Orrego. Facultad de Ciencias Agrarias, Perú, 2013.
- DI IORIO, O. A review of the Cetoniinae (Coleoptera: Scarabaeidae) from Argentina and adjacent countries: systematics and geographic distributions. *Zootaxa*. v. 3668, p. 01–87. 2013
- DOUBE, B. M. “The habitat preference of some bovine dung beetles (coleopteran: scarabaeidae) in Hluhluwe Game Reserve. South Africa.” *Bull ent. Res.*, 73: 357-371. 1983.
- DOMINGUEZ, J. & PEREZ-LOUSADA, M. *Eisenia fetida* (savigny, 1826) y *Eisenia andrei* Bouché, 1972 son dos especies diferentes de Lombrices de tierra. *Acta Zoológica Mexicana*, Cidade do México, Número Especial 2: p. 321 - 331, 2010.
- DOUBE, B. M.. E K.G. WARDHAUGH “Habitat associations and niche partitioning in an island dung beetle community.” *Acta Oecologica*, 12(4): 541-459.1991.
- ESTRADA, A.; COATES-ESTRADA, E. “Howler monkeys (*Aloatta palliata*), dung beetles (Scarabaeidae) and seed dispersal, ecological interactions in the tropical rainforest of Los Tuxtlas, Mexico.” *Journal of Tropical Ecology*. v.7, p. 459- 474. 1991.
- FLECHTMANN, C. A. H.; RODRIGUES, S. R.; SENO, M. C. Z. Controle Biológico da mosca-dos-chifres (*Haematobia irritans irritans*) em Selvíria, Mato Grosso do Sul. 3. Levantamento de espécies fimícolas associadas à mosca. *Revista Brasileira de Entomologia*, v. 39(2), p. 249-58, 1995.
- FERRUZZI, C. Manual de lombricultura, Madid: Ediciones Mundi Prensa, 1986. 138p.
- FREITAS, A. C. S.; BARRETO, L. V. Qualidade biológica do solo em ecossistemas de mata nativa e monocultura do café. Instituto Construir e Conhecer; Goiânia; Enciclopédia Biosfera N.05. 2008.
- FREITAS, G. A.; SILVA, R. R.; BARROS, H. B.; MELO, A. V.; ABRAHÃO, W. A. P. Produção de mudas de alface em função de diferentes combinações de substratos. *Revista Ciência Agrônômica*, v.44, p.159-166, 2013.
- FISCHER, E., MOLNAR, L. Environmental aspects of cloragogenous in the earthworm tissue. *Soil Biology Biochemistry*, v.24, n. 12, p.1723 – 1727, 1992.
- FONSECA, J. P. Relação das principais pragas observadas nos anos de 1931, 1932 e 1933, nas plantas de maior cultivo no Estado de S. Paulo. *Arquivos do Instituto Biológico*, 5, 263–289, 1934.
- GAO, M., LIANG, F., Yu, A., Li, B. and Yang, L. Evaluation of stability and maturity during forced aeration composting of chicken manure and sawdust at different C/N ratios. *Chemosphere*, vol. 78, n. 5, p. 614-619. 2010.
- GARCÍA, A. C.; IZQUIERDO, F. G.; SOUZA, L. G. A. D.; SANTOS, L. A.; BERBARA R. L. L. Agromateriais humificados. Potencialidades e desafios da sua utilização ecológica. *AGROTec*, v. 1, n. 5, 2013.

GARCÍA, A. H. Ocorrência de escarabaeídeos indicando a presença de larva de *Macropophora accentifer* (Olivier, 1795) em plantas cítricas. *Anais da Escola de Agronomia e Veterinária*, v. 17, p. 37–42, 1987.

GAGLIARDELLI, L. Allevamento dei Cetonini in general. Disponível em [HTTP/digilander.libero.it/cicciogaglia/Cetonini.html](http://digilander.libero.it/cicciogaglia/Cetonini.html) (Luca web site). Consultado em 26 de março de 2015.

GASSEN, D. N. “Os benefícios de corós em lavouras sob plantio direto.” *Passo Fundo: Embrapa Trigo*, 8 p. (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico Online, 47). 2000. Disponível em: [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p\\_co47.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co47.htm) Acesso: maio de 2013.

GLIESSMAN, S. R. *Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável*. 4.ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. 658p.

GOULART, A. M. C. *Diversidade de nematoides em agroecossistemas e ecossistemas naturais*. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 71p, 2007.

GRAZIANO, T. T.; DEMATÊ, J.B. I; VOLPE, C.A.; PERECIN, D. Interação entre substratos e fertirrigação na germinação e na produção de mudas *Tagetes patula* L. (compositae). *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*, Campinas, v.1, n.2, p.78-85, 1995

HAIMI, J., HUHTA, Y. Capacity of various organic residues to support adequate earthworm biomass for vermicomposting. *Biology and Fertility of Soils*, v.2., p.23 – 21, 1986.

HALFFTER, G.; MATTHEWS, E. G. “The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae).” *Folia Entomologica Mexicana*, v.12/14, n.1. 1966.

HAFNER S. D.; MONTES, F.; ROTZ, C. A. The role of carbon dioxide in emission of ammonia from manure. *Atmospheric Environment*, 66, p.63-71, 2013.

HALFFTER, G.; MATTHEWS, E. G. The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae). *Folia Entomológica Mexicana*, v. 12(14), p. 1-312. 1966.

HANDRECK, K., BLACK, N. *Growing media for ornamental plants and turf*. University of New South Wales Press Ltd. Sydney. 551 p. 2010.

HANSKI, I.; CAMBEFORT, Y. “Dung Beetles Ecology.” Princeton, New Jersey, 520p.1991

HAUKKA, J. J. Growth and survival of *Eisenia fetida* (Sav.) (Oligochaeta): relation to temperature, moisture and presence of *Enchytraeus* (Enchytraeidae). *Biology Fertility of Soil*, n. 3. p.99 – 102, 1987.

HOEKSEMA, K. J.; JONGERIUS, A.; VAN DER MEER, K. On the influence of earthworms on the soil structure in mulched orchards. In *Proc. Int. Symp. Soil Struct* (pp. 188-194).1959

HOWDEN, H. F. & NEALIS, V. G. “Effects of clearing in a Tropical Rain Forest on the composition of the *Coprophanæus* Scarab Beetle Fauna (Coleoptera).” *Biotropica* (2): 77-83. 1975.

HOWDEN, H. F. & NEALIS, V. G. “Effects of clearing in a Tropical Rain Forest on the composition of the *Coprophanæus* Scarab Beetle Fauna (Coleoptera).” *Biotropica* (2): 77-83. 1975.

INÁCIO, C.T.; MILLER, P, R. M. *Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos*

orgânicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 156p. 2009.

JIMENEZ, E. I.; GARCIA, V. P. Evaluation of city refuse compost maturity: a review. 1989.

JOSHI, N. V., KELKAR, B. V. The role of earthworms in soil fertility. *The Indian Journal of Agricultural Science*, v.22, p.189-197, 1982.

KÄMPF, AN. Análise física de substratos para plantas. Viçosa: SBCS. v. 26, p. 5-7, 2001. (Boletim Informativo).

KAPLAN, D. L., HARTENSTEIN, R., NEUHAUSER, E. F., MALECK, M. R. Physicochemical requirements in the environment of the earthworm *Eisenia fetida*. *Soil Biology Biochemistry*. v. 12, n. 3, p. 341 – 352, 1980.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 492p, 1985.

KIEHL, E. J. Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto, Piracicaba, SP: 1998. 171 p.

KIEHL, E. J. Manual de Compostagem “Maturação e qualidade do Composto” Piracicaba. 2002. 171p.

KOBEL-LAMPARSKI, A. Die Neubesiedlung von flurbereinigtem Reb Gelände im Kaiserstuhl und weitere frühe Sukzession am Beispiel ausgewählter Tiergruppen aus Verschiedenen Trophieebenen. Dissertation, Univ., Biol. Fak., Freiburg.453 S. 1987.

KONONOVA, M. M.; DE MUNTAN, E. B. Materia orgánica del suelo: su naturaleza, propiedades y métodos de investigación. Oikos-tau, 1982.

KRIVOLUTSKY, D. A. Earthworms as bioindicators of increased radioactivity. In: PAGLIAN, A. M. B., OMODEO (Eds.) On earthworms, Bologna: Mucchi, p. 401 – 407. 1987.

LANDGRAF, M. D.; ALVES, M. R., Silva, S. C.; REZENDE, M. O. O. Caracterização de ácidos húmicos de vermicomposto de esterco bovino compostado durante 3 e 6 meses. *Química Nova*, São Paulo, v. 22, n. 4, p. 483 – 486, 1999.

LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; MARTIN, A.; SPAIN, A. V.; MARTIN, S. V. Impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics. In: LAL,R.; SANCHEZ, P. A., (Ed.). Myths and science of soils of the tropics. Madison: Soil Science Society of America/American Society of Agronomy, 1992. p. 157-185. (SSSA Special Publication, 29).

LAVELLE, P.; SPAIN, A.V. Soil ecology. Dordrecht: Kluwer Academic Pub., 2001. 654p.

LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V.; ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O. W.; DHILLION, S. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. *European Journal of Soil Biology*, New Jersey, v. 33, p. 159-193, 1997.

LEAL, M. A. de A.; GUERRA, J. G. M.; PEIXOTO, R. T. dos G.; SANTOS, S. da S. Processo de compostagem a partir da mistura entre capim elefante e crotalária. *Seropédica Embrapa Agrobiologia, Boletim de pesquisa e desenvolvimento*, 77, 23 p., 2011.

LEAL, M.A.A; GUERRA, J.G.M; ESPINDOLA, J.A.A.; ARAÚJO, E.S. Compostagem de misturas de capim-elefante e torta de mamona com diferentes relações C:N. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. V.17, n.11, p.1195-1200. 2013

LIAO, C. F. H. Devarda's Alloy Method for Total Nitrogen Determination. *Soil Science Society of America Journal*, v. 45, n. 5, 1981.

LIMA,R.L. S., SEVERINO, L.S., SILVA, M.I.L., VALE, L.S.,BELTRÃO, N.E.M.

- Substratos para produção de mudas de mamoneira compostos por misturas de cinco fontes de matéria orgânica. *Revista Ciência e Agrotecnologia*, v. 30, n. 3, p.474-479, 2006.
- LUEDERWALDT, G. Quatro lamellicorneos termitófilos. *Revista del Museo Paulista*, v. 8, p. 405 – 413, 1911
- MAYER, F. A. Produção e qualidade biológica e química de diferentes vermicompostos para a produção de cenouras rumo à sustentabilidade dos agroecossistemas. 2009. Pelotas, RS, 64 f. Dissertação – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel.
- MARTINEZ, A. A. Manual prático do minhocultor. Jaboticabal: FUNEP, 1990. 116 p.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA), Instrução Normativa SARC Nº 14. Diário Oficial da União- Seção 1, nº 242, 17 de dezembro de 2004. Definições e normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos substratos para plantas. Brasília, 2004.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa n. 25, de 23 de julho de 2009. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Poder Executivo, Brasília.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa nº 17, de 21 de maio de 2007. Que dispõe sobre os Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos e Condicionadores de Solos.
- MORELLI, H. Descripción de la larva y la pupa de *paragymnetis chalcipes* (gory & percheron, 1833) (coleoptera, scarabaeidae, cetoniinae). *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie), n.80: 155-165. Instituto de ecología A.C. México. 2000.
- MORSELLI, T. B. G. A, CRUZ, L. E. C., POCH, D., PICH, A H. Efeito de diferentes resíduos no comportamento de *Eisenia foetida* em estação quente: eclosão. In: CONGRESSO GAÚCHO DE MINHOCULTURA, 1. 1996. Pelotas, RS. Resumos... Pelotas: UFPel, 1996.
- MORSELLI, T.B.G.A. Biologia do solo. Pelotas-RS: UFPel, (Apostila de acompanhamento de disciplina). 2007, 145p.
- MORÓN, M.A. 1987. Los estados inmaduros de *Dynastes hyllus Chevrolat* (Coleoptera, Melolonthidae, Dynastinae); con observaciones sobre su biología y el crecimiento alométrico del imago. *Folia Entomol. Mex.* 72: 33-74.
- MORÓN, M. A. Fenología y hábitos de los Cetoniinae (Coleoptera: Melolonthidae) en la región de Xalapa-Coatepec, Veracruz, México. *Giornale Italiano di Entomologia*. v 7, n 317–332, 1995.
- MORÓN, M. A.; LUGO-GARCIA, G. A.; ARAGÓN-GARCIA, A. Description of the third instar larvae of five species of Cyclocephala (Coleoptera, Melolonthidae, Dynastinae) from Mexico. *Revista Brasileira de Entomologia*, 58.3: 219-228, 2014.
- MYERS. N “Environmental services of biodiversity.” *Proceedings of the National Academy of Science*. V. 93. n 7. p. 2764-2769, Apr. 1996.
- NASCIMENTO, A.F; PIRES, F R.; CZEPAK, M. P.; FERNANDES, A. A.; RODRIGUES, J. O. Caracterização de vermicomposto produzido com palha de café e esterco bovino. *Revista Caatinga*, 28(4). 2015.
- NEUHAUSER, E. F., HARTENSTEIN, R., KAPLAN D. L. Growth of the earthworms *Eisenia foetida* in relation to population density and food rationing. *OIKOS*. n. 35, p. 93 – 98, 1980.

- OLIVEIRA, N. Grupos Mulheres da Terra: abordagem fundamentada no ecofeminismo e na alfabetização ecológica. *Mulher e Trabalho*, v. 5, p. 101-112, 2005.
- OLIVEIRA, E.A.G.; LEAL, M.A.A.; ROCHA, M.S.; GUERRA, J.G.M.; RIBEIRO, R.L.D. Avaliação da estabilidade de materiais orgânicos por meio de incubação e da captura conjunta das emissões de CO<sub>2</sub> e de NH<sub>3</sub>. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2014. (Embrapa Agrobiologia. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 97).
- OROZCO, J. Escarabajos cetoninos de Guatemala (Coleoptera:Scarabaeidae: Cetoniinae). In: CANO, Enio; SCHUSTER, Jack. (eds) Biodiversidad de Guatemala, p. 181–191.Universidad del Valle de Guatemala, Ciudad de Guatemala, 2012
- OROZCO, J. & PARDO-LOCARNO, L.C. Description of immature stages of three species of American Cetoniinae (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae). *Zootaxa* 769: 1-14. 2004
- OTHMAN, N.; IRWAN, J.M.; ROSLAN, M. A. Vermicomposting of Food Waste.*International Journal of Integrated Engineering*, Johor, v. 4, n. 2, p. 39-48, 2012.
- PENNINGSFELD, F. Substrates for protected cropping. Protected crops in peat and other media. *Acta Horticulturae*, Wageningen, n. 82, p.13-22, 1978.
- PERÉZ, R.A; MORÓN, M.A. El ciclo de vida de *Paragymnetis flavomarginata sallei* Schaum, 1849 (Coleoptera: Melolonthidae: Cetoniinae), com observaciones sobre su biología. *Folia Entomologica Mexicana*. v 105,p 37-54, 1995
- PERTY, M. Delectus animalium articulorum quae in itinere per Brasiliamannis MDCCCXVII–MDCCCXX jussuetauspiciis Maximiliani Josephi I. Bavaria eregis augustissimiperacto collegerunt Dr. J.B. de Spixet Dr. C.F. Ph. de Martius. München, Germany, 216 pp, 1830.
- PETER, C. I.; JOHNSON, S. D. Pollination by flower chafer beetles in *Eulophia ensata* and *Eulophia welwitschii* (Orchidaceae).*South African Journal of Botany*. v 75, p 762-770, 2009.
- PRIMAVESI, A.Manejo ecológico do solo. SãoPaulo: Nobel, 2002
- PUKER, A.; LOPES-ANDRADE, C.; ROSA, C. S.; GROSSI, P. C. New records of termite hosts for two species of *Hoplopyga*, with notes on the life cycle of *Hoplopyga brasiliensis* (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae). *Annals of the Entomological Society of America*. v 105 n 6, p 872–878, 2012.
- PUKER A. ADVINCULA. H. L.; KORASAKI, V.; FREITAS, F. N; OROZCO, J. Biodiversity of Cetoniinae beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) in introduced and native habitats in the Brazilian Atlantic Forest. *Entomological Science*, v17, p. 309-315, 2014.
- PUKER, A.; ROSA, C. S.; OROZCO, J.; SOLAR, R. R; FEITOSA, R. M. Insights on the association of American Cetoniinae beetles with ants: Myrmecophily in beetles. *Entomological Sciencie*. v. 18, p. 21–30, 2015.
- RAVIV, M. Horticultural uses of composted material. *Acta Horticulturae* 469: 225-233. 1998.
- RAVIV, M.; MEDINA, S.; KRASNOVSKY, A.; ZIADNA, H. Organic matter and nitrogen conservation in manure compost for organic agriculture. *Compost Sci. Util.*, 12:6-10, 2004.
- REINECKE, A. J., KRIEL, J. R. Influence of temperature on the reproduction of the earthworms *Eisenia fetida* (Oligochaeta) *South African Journal of Zoology*, v. 16, n. 2, p. 95 - 100, 1981.
- REINECKE, A. J., REINECKE, S. A. The influence of heavy metal on the growth and reproduction

- of the compost worm *Eisenia fetida* (Oligochaeta). *Pedobiologia*. n. 40, p, 439 – 448, 1996.
- RITCHER, P. O. Biology of Scarabaeidae. *Annual Review of Entomology*, 3.1: 311-334, 1958.
- RIDA, A. A. M. M. Concentration and growth of earthworms and plants in polluted (Cd, Cu, Fe, Pb and Zn) and non-polluted soils: interactions between soil-earthworms. *Soil Biology Biochemistry*. v.28, n. 8, p.1029-1035, 1996.
- RITCHER, P.O. White grubs and their allies. A study of North American scarabaeoid larvae. Oregon State University Press, Corvallis. 1966.
- RODRIGUES, S. R.; OLIVEIRA, J. L. N. D.; BAGNARA, C. A. C.; PUKER A. Cetoninae (Coleoptera: Scarabaeidae) attracted to fruitbaited traps near Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brazil. *The Coleopterists Bulletin*.v. 67,p.119 – 122, 2013.
- RUSSO, M. A. T. Tratamento de resíduos sólidos. Universidade de Coimbra, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, Coimbra, 2003.
- SEVERINO, L. S.; LIMA, R. L. S.; BELTRÃO, N. E. M.; Composição química de onze materiais orgânicos utilizados em substratos para produção de mudas. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006, 5 p. (Comunicado Técnico, 278).
- SENAR, Criação de minhocas e produção de húmus, Manual do participante, [s.l.] Federação da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul. 1994. 25p.
- SCHALLENBERGER, E.; REBELO, J. A.; CANTU, R. R. Avaliação da concentração e da relação de nutrientes na compostagem de diferentes matérias-primas. *Agropecuária Catarinense*, Florianópolis, v. 28, n. 1, p. 78-82, 2015.
- SILVA, F.A.B; HERNÁNDEZ, M.I.M; Ide, S; Moura, R.C. “Comunidade de escarabeíneos (Coleoptera, Scarabaeidae) copro-necrófagos da região de Brejo Novo, Caruaru, Pernambuco, Brasil.” *Revista Brasileira de Entomologia*. v.51, n. 2: p. 228-233. 2007.
- SILVA, F. A. M., LOPEZ, F. G., BOAS, R. L. V., & DA SILVA, R. B. Transformação da matéria orgânica em substâncias húmicas durante a compostagem de resíduos vegetais. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 4, n. 1, 2009.
- SILVA, P. G.; SILVA, F. C. G.; GARCIA, M. A. R.; COELHO, E. B.; MARTINS, L. A. Importância dos besouros rola-bosta (Coleoptera:Scarabaeidae:Scarabaeinae) para o município de Bagé, Rio Grande do Sul. *Revista congrega URCAMP*, 2010.
- STEFFEN, G. P. K.; ANTONIOLLI, Z. I.; STEFFEN, R. B.; SCHIEDECK, G. Utilização de vermicomposto como substrato na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Corymbia citriodora*. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 31(66), 75. 2011.
- STEVENSON, F.J., Húmus Chemistry:genesis, composition and reaction. New York:John Wiley; 1982, 443p.
- SOMMER, S.G.; MOLLER, H.B. Emission of greenhouse gases during composting of deep litter from pig production- effect of straw content. *J. Agric. Sci.*, 134:327-335, 2000.
- SOUTHWELL, L. T., MAJER, J. D. The survival and growth of the earthworm *Eisenia fetida* (Lumbricidae: Oligochaeta) in alkaline residues associated with the bauxite refining process. *Pedobiologia*, v. 1, n. 23, p.42 – 52, 1982.
- SPURGEON, D. J., HOPKIN, S. Effects of the organic matter content and pH of soils of availability and toxicity of zinc to the earthworm *Eisenia fetida*. *Pedobiologia*, v. 1, n. 40, p.80 –96, 1996.

- STVENSON, F. J.; COLE, M. A.. Cycles of Soil: Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfer, Micronurients. Second Edition. John Wiley and Sons Inc. New York. 1999.
- STEFANELLO JR, G. J.; JARDIM, E. D. O. Ocorrência de *Euphoria lurida* (Fabricius) (Coleoptera: Scarabaeidae) em milho cultivado em várzea no Rio Grande do Sul. *Neotropical Entomology*, v. 36, p. 976–979, 2007
- TEIXEIRA, F.M. 2006. A Composição de Scarabaeidae (Coleoptera) coprófagos na região de Alter do Chão, Pará:a influência dos biomas Amazônia e cerrado e da sazonalidade e os efeitos de tamanho da área, isolamento e proximidade de estradas. Dissertação de mestrado em Zoologia. Programa de Pós-Graduação em Zoologia, Museu Paraense Emílio Goeldi, Universidade Federal do Pará, Belém. 98p. 2006.
- TEUBEN, A.; VERHOEF, H. A. Direct contribution by soil arthropods to nutrient availability through body and faecal nutrient content. *Biology and Fertility of Soils*, v. 14, p. 71-75, 1992.
- TMECC. TEST METHODS FOR THE EXAMINATION OF COMPOSTING AND COMPOST. Field sampling of compost materials: organic and biological properties: respirometry. Holbrook, NY: Composting Council Research & Education Foundation, 2002. p. 02.01-5 - 02.01.-7
- VALENTE, B.S.; XAVIER, E.G.; MORSELLI, T.B.G.A.; JAHNKE, D.S., BRUM Jr, B.S.; CABRERA, B.R.; MORAES, P. O.; LOPES, D.C.N.. (2009) Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. *Archivos de Zootecnia*, v. 58, p. 59-85.
- VALLINI, G. Il Compostaggio. In:La protezione dell’ambiente in Italia. Ed. Bertini, I., Cipollini, R., Tundo, P. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Società Chimica Italiana e Consorzio Interuniversitario Chimica perl’Ambiente. Bologna: 83-134 pp. 1995.
- VAZ-DE-MELLO, Fernando Z. Estado atual de conhecimento dos scarabaeidae s.str.(coleoptera):scarabaeoidea) do Brasil. 2000. Disponível em: [http://sea-entomologia.org/PDF/M3M\\_PRIIBES\\_2000/M3M1-14-183.pdf](http://sea-entomologia.org/PDF/M3M_PRIIBES_2000/M3M1-14-183.pdf). Acesso : 16 de dezembro de 2014.
- VIEIRA, M. I. Produção de coelhos: caseira, comercial, industrial. 15. ed. São Paulo: Prata, 1981.
- VIEIRA, M. L. Produção de minhocas sobre dejetos suínos para alimentação de suínos. Viçosa, MG: UFV. 1997. 59p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- WICHUK, K. M.; McCARTNEY, D. Compost stability and maturity evaluation: a literature review. *Journal of Environmental Engineering and Science*, v. 8, n.5, p. 601-620, 2013
- WILSON, G. C. S. Analytical analyses and physical properties of horticultural substrates. *Acta Horticulturae*, Wageningen, n. 150, p. 19-32,1984.
- WOLTERS, V. Invertebrate control of soil organic matter stability. *Biology and Fertility of Soils*, v.31, p.1-19, 2000.
- WATERHOUSE, D.F. The biological control of dung. *Scientific American*, v.230, n.3,p.100-109. 1974.

## **CAPITULO II**

### **AVALIAÇÃO DOS COMPOSTOS PRODUZIDOS, A PARTIR DO ESTERCO DE COELHO, COMO SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE**

## 1.RESUMO

O Cetoniinae composto, proveniente da compostagem de esterco de coelho, realizada pela larva de Cetoniinae do gênero *Gymnetis Chalcipes* foi avaliado no desenvolvimento de mudas de alface (*Lactuca sativa L.*) e comparado com substrato constituído de vermicomposto produzido pela espécie *Eisenia Foetida* (minhoca vermelha da Califórnia), substrato constituído por composto de esterco de coelho e substrato SIPA. Foram avaliados pH, condutividade elétrica (CE), teor total de C e teores totais, disponíveis e a proporção da fração disponível de N, Ca, Mg, P e K. Também foram quantificados a relação C/N e a porosidade dos substratos. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), conhecido como Fazendinha Agroecológica, localizado em Seropédica-RJ, situado a 26 m de altitude (coordenadas 22° 45' S e 43° 40' W). Para o desenvolvimento de mudas utilizou-se alface cultivar "Regiane", por ser uma hortaliça de ciclo curto e muito utilizada comercialmente. A semeadura foi feita em bandejas de poliestireno expandido com 200 células cada. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições. As variáveis observadas foram: Porcentagem de Germinação (%), Altura da parte Aérea das Mudas (APA) e Número de Folhas (NF), Massa Fresca e Seca da parte aérea das mudas (MF e MS) e das raízes. Essas avaliações ocorreram 28 dias após a semeadura. Os resultados obtidos apontaram que o Cetoniinae composto estabilizado, tendo o esterco de coelho como matéria-prima, pode ser utilizado como substrato orgânico para mudas de hortaliças produzidas pelo sistema de bandejas em ambiente protegido, sendo tão eficiente quanto o substrato obtido através da vermicompostagem e o Substrato SIPA para a produção de mudas de alface.

**Palavras –chave:** Cetoniinae composto. Substrato. Esterco

## 2.ABSTRACT

The Cetoniinae compost from the rabbit manure performed by Cetoniinae larva genus *Gymnetis Chalcipes* was evaluated in the development of lettuce (*Lactuca sativa* L.) seedlings and compared to substrate composed of vermicompost produced by the species *Eisenia Foetida* (red earthworm from California), Substrate consisting in of rabbit manure compost and SIPA substrate. Electrical conductivity (EC), total C levels, total available levels and the proportion of the available fraction of N, Ca, Mg, P and K. Also where qualified the C / N ratio and the porosity of the substrates. The experiment was conducted under greenhouse conditions in the Integrated Agroecological Production System (SIPA), known as Fazendinha Agroecológica, located in Seropédica-RJ, at 26 meters of altitude (coordinates 22o 45 'S and 43o 40' W). For the development of seedlings we used lettuce cultivate "Regiane", because it is a vegetable of short cycle and much used commercially. The sowing was done in trays of expanded polystyrene with 200 cells each. The study design was completely randomized with four treatments and four replicates. The observed variables were: The percentage of germination (%), height of the aerial part of the seedlings (APA) and number of leaves (NF), fresh and dry mass of the aerial part of the seedlings (MR and MS) and of the roots. These evaluations occurred 28 days after sowing. The results showed that the stabilized Ketoniinae compost, with the rabbit manure as raw material, can be used as organic substrate for vegetable seedlings produced by the trays system in a protected environment, being as efficient as the substrate obtained through vermicomposting and the SIPA Substrate for the production of lettuce seedlings.

**Key words:** Cetoniinae compost. Substrate. Manure.

### 3. INTRODUÇÃO

A produção de mudas é uma das etapas principais no cultivo de hortaliças, sendo fundamental a utilização de substratos de qualidade (MINAME, 1995). Além disso, qualquer variação na composição de substratos pode provocar desuniformidade na germinação de sementes, má formação das mudas e aparecimento de sintomas de deficiências minerais. Gonçalves (1995) cita que dentre as características desejáveis dos substratos, destacam-se: custo, disponibilidade, teor de nutrientes, capacidade de troca de cátions, esterilidade biológica, aeração, retenção de umidade, boa agregação às raízes (torrão) e uniformidade

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma importante hortaliça presente na dieta alimentar, devido ao seu alto teor de nutrientes e o cultivo da alface, destaca-se por se tratar de uma cultura de fácil manejo e por apresentar ciclo curto, garantindo rápido retorno do capital investido (KOEFEENDER, 1998). Sendo a alface tradicionalmente cultivada por pequenos agricultores o que lhe confere importância econômica e social, a busca por materiais acessíveis e de baixo custo torna-se imprescindível na produção de mudas de boa qualidade.

Mas, para produzir mudas de boa qualidade é importante a utilização de substratos que possuam características que proporcionem um bom desenvolvimento vegetal. Para Spurr & Barnes (1982) o substrato exerce uma influência marcante na arquitetura do sistema radicular e no estado nutricional das plantas, afetando profundamente a qualidade das mudas (Carneiro, 1983)

O Cetoniinae composto, produto da digestão de esterco de coelhos por larvas de Coleopteros da subfamília *Cetoniinae*, pode ser uma boa alternativa como substrato, na cadeia produtiva de mudas de hortaliças, por ser de fácil aquisição por aqueles que possuem uma cunicultura.

Devido a importância da produção de mudas com material de baixo custo e acessível ao agricultor, o objetivo desse capítulo foi avaliar o potencial do substrato, obtido da compostagem de esterco de coelho por larva de Cetoniinae, na produção de mudas de hortaliças e comparar com outros substratos orgânicos.

## 4. REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 Substratos para Mudanças de Hortaliças

O termo substrato aplica-se em horticultura a todo material sólido distinto do solo, natural, residual, mineral ou orgânico que colocado num recipiente em forma pura ou em uma mistura, permite a fixação do sistema radicular desempenhando, portanto, papel de suporte para a planta (CADAHIA, 1998).

O substrato é um insumo importante devido à sua ampla utilização no cultivo de mudas (FREITAS et al., 2013). Substratos para mudas de hortaliças podem ter várias composições. Segundo Brazão et al. (2006), a função primordial dos substratos é fornecer suporte para as plantas, além de proporcionar adequada aeração e suprimento de água e nutrientes, caracterizando-se como um insumo de fundamental importância para o sucesso da cultura.

O substrato se constitui no elemento mais complexo na produção de mudas, podendo ocasionar a nulidade ou irregularidade de germinação, a má formação das plantas e o aparecimento de sintomas de deficiência ou excesso de alguns nutrientes. O substrato deve apresentar características físicas, químicas e biológicas apropriadas para que possa permitir pleno crescimento das raízes e da parte aérea (SETUBAL & AFONSO NETO, 2000).

A escolha e o manejo correto do substrato são de suma importância para a obtenção de mudas de qualidade (BACKES & KÄMPF, 1991) e o uso potencial de compostos orgânicos como substratos e como fontes de nutrientes tem se tornado cada vez mais um objeto de estudo para a produção de mudas de alta qualidade (LOURES et al., 1998). Santos (2008), comenta que um bom substrato destinado à produção de mudas deve apresentar boa porosidade, a fim de assegurar boa drenagem da água e conseqüentemente arejamento das raízes.

Os substratos utilizados para a produção de mudas podem ser formados por um único material ou pela combinação de variados tipos de materiais como: terra de subsolo, composto orgânico, muinha de carvão, casca de arroz carbonizada, fibra de coco, vermiculita, areia, cama de aviário, esterco de curral curtido, húmus de minhoca ou vermicomposto, turfa, serragem, entre outros (WENDLING & GATTO, 2002). No entanto, para Carvalho (1997), na produção de mudas, busca-se um substrato que seja uniforme em sua composição, rico em nutrientes, com elevada capacidade de retenção de água e boa troca catiônica, isento de pragas, patógenos e sementes de plantas invasoras, além de viável economicamente.

Para Penteado (2000) o substrato deve possuir características físicas e químicas que proporcionem um rápido crescimento e desenvolvimento das mudas e conseqüentemente vigor e qualidade. Os adubos orgânicos são muito utilizados, sendo estes de várias origens, destacando-se o composto orgânico, que além de contribuir para a melhoria física, química e microbiológica do solo, não é poluente tendo, portanto, alcance social inestimável.

#### 4.1.1. Propriedades químicas

As propriedades químicas mais importantes de um substrato referem-se, principalmente, ao valor da capacidade de troca de cátions (CTC) que auxilia na regulação do fornecimento de nutrientes; ao pH, com valores entre 5,5 e 6,5, que influencia a disponibilidade dos nutrientes; ao teor de matéria orgânica acima de 25%, relacionado com o fornecimento de água e nutrientes e; a condutividade elétrica (CE), indicativo da concentração de sais entre 0,8 e 1,5 dSm-1 (SCHMITZ, 2016).

Alcarde & Vale (2003), destacam o pH, o qual indica o grau de acidez, apontando seu conhecimento como de extrema importância para determinar a disponibilidade dos nutrientes

contidos no solo/substrato ou a ele adicionados e também assimilação dos nutrientes pelas plantas. Para mudas de hortaliças, cultivadas em ambiente protegido, o pH ideal deve estar em torno da neutralidade, levando-se em consideração que substratos com alta acidez devem ser corrigidos (KÄMPF & FERMINO, 2000).

Menezes et al. (2000) consideram que pode ser vantajosa ao agricultor a formulação própria de substratos. Muitos autores tem utilizado materiais alternativos para substrato e obtido bons resultados. Da Silva et al. (2008) observou que um substrato formado por esterco + húmus proporcionou o maior acúmulo de massa seca (g) das mudas para três cultivares de alface sendo elas Crespa sem cabeça, Americana Júlia e Babá de Verão, e valores inferiores de massa seca foram observados nas plantas cultivadas no substrato areia + húmus. Esse fato foi relacionado aos altos valores dos nutrientes, principalmente o P presente no substrato esterco + húmus, uma vez que o fósforo é um macronutrientes de grande importância para a cultura.

Higuti et. al. (2010) avaliaram a produção de mudas de abóbora ‘Menina Brasileira’ em substrato à base de fibra de coco com diferentes doses de nitrogênio e potássio em fertirrigação, tendo como fontes o nitrato de amônio (34% de N) e o cloreto de potássio (60% de K<sub>2</sub>O). Esses autores avaliaram as seguintes características: massa fresca e seca da parte aérea e raiz, altura e número de folhas. Nesse caso as doses de potássio não influenciaram as características avaliadas. Houve, porém, aumento linear para a maioria das características avaliadas com doses crescentes de nitrogênio, exceto para a massa seca da raiz.

#### **4.1.2 Propriedades físicas**

As propriedades físicas dos substratos para Gruszynski (2002) estão centradas na aeração, retenção de umidade, boa agregação às raízes (formação de torrão) e uniformidade.

De acordo com Sturion e Antunes (2000) o substrato, além de propiciar boas condições para o desenvolvimento das mudas, deve apresentar uma estrutura que não dificulte a sua retirada e não se destorroe por ocasião do plantio das mudas.

Para as propriedades físicas dos substratos é importante o conhecimento da densidade, que é a relação entre a massa e o volume de substrato, expressa em kg/m<sup>3</sup>, que equivale a g/l. Quanto mais alta a densidade, mais difícil o cultivo no recipiente, ou por limitações no crescimento das plantas, ou pela dificuldade no transporte dos vasos ou bandejas. Para substratos, além da densidade real ou de partículas, é interessante conhecer a densidade aparente, que corresponde ao peso seco do substrato por unidade de volume desse substrato, expresso em g/cm<sup>3</sup> (CARNEIRO, 1995).

A porosidade está diretamente relacionada com a disponibilidade de água e ar no substrato. O substrato deve ser suficientemente poroso, a fim de permitir trocas gasosas eficientes, evitando falta de ar para a respiração das raízes e para a atividade dos microrganismos no meio. Os poros podem ser classificados como microporos e macroporos onde, em condições de saturação hídrica, os macroporos são preenchidos com ar e os microporos com água (KAMPF, 2001).

A avaliação da porosidade total do substrato é de suma importância para a interpretação da dinâmica de crescimento das plantas. A taxa de infiltração de água é influenciada pelo volume de poros do substrato, ao passo que a retenção de água é influenciada pelo número e distribuição dos poros pela superfície específica (Bettiol & Camargo 2000).

A maior parte dos substratos utilizados no cultivo de plantas apresenta, além dos poros externos entre as partículas, também poros internos tanto fechados, ou seja, sem ligação com o meio, quanto abertos. Materiais sintéticos, como o isopor, são exemplos de substrato com

poros internos fechados, que não interferem na porosidade; os materiais orgânicos, em contrapartida, possuem poros internos abertos, que formam uma rede de interligação com o meio externo ( BURÉS, 1997 e MARTÍNEZ, 2002).

Segundo Carneiro (1995), substratos porosos, apesar de apresentarem baixa porosidade total, têm uma rápida movimentação de água e ar, devido à predominância de macroporos. Já num substrato de textura fina existe grande quantidade de microporos, tornando a movimentação gasosa lenta e a de água restrita ao movimento capilar.

A qualidade do solo para cultivo envolve todos os seus componentes físicos, químicos e biológicos, tendo a fertilidade como a base da produtividade e viabilidade dos ecossistemas terrestres. Além da produção de mudas em bandejas, muitas plantas são cultivadas em vasos, como as ornamentais, aromáticas, medicinais, entre outras, necessitando de um substrato adequado às suas necessidades.

Um bom substrato deve reunir concomitantemente os atributos de boa aeração, para permitir a difusão de oxigênio para as raízes, boa capacidade de armazenamento de água, baixa resistência à penetração das raízes e boa resistência à perda de estrutura (SILVA JÚNIOR & VISCONTI, 1991; SOUZA et.al., 1995).

Para LEMAIRE (1995), um substrato é constituído por três fases, cada uma desempenhando um papel específico: a fase sólida que suporta o sistema radicular e, assim, assegura a estabilidade da planta; a fase líquida que fornece a água e os nutrientes e a fase gasosa que proporciona o transporte de oxigênio e dióxido de carbono entre as raízes e o ar externo.

De acordo com ABAD & CARRION (2005) para obter bons resultados durante a germinação, enraizamento e crescimento das plantas devem ser tomadas em consideração as características químicas e físicas do substrato.

Nas condições ambientais do cultivo em estufa, e depois de eventuais irrigações, fertilização e ajustamento de pH, o substrato das plantas envasadas torna-se um habitat ideal para o desenvolvimento de microrganismos, sobretudo se constituído por matéria orgânica. (BEOZZI, 2013).

Furlan et al. (2007) observaram a melhor formação de mudas em substratos alternativos quando comparados aos substratos comerciais, com maior acúmulo de massa seca da parte aérea, e massa seca da raiz. Destacando-se maior eficiência das misturas de vermicomposto, casca de arroz carbonizado e pó de rocha como substrato.

#### **4.1.3. Propriedades biológicas**

Os materiais orgânicos, antes do seu uso como substrato para as plantas, podem estar fortemente ou debilmente colonizados pelos microrganismos. No entanto, durante o cultivo, é comum que estes se reestabeçam no material. É desejável que o substrato seja isento de contaminantes (pragas e patógenos), portanto, as características biológicas também devem ser consideradas. Leal et al (2007) afirmam que os compostos orgânicos possuem propriedades biológicas adequadas para seu uso como substratos, porque existe na literatura a evidência de que os compostos podem estimular a proliferação de antagonistas a organismos fitopatogênicos, ajudando a controlar algumas doenças do sistema radicular.

Kampf (2000) afirma que nas técnicas empregadas no manejo de um viveiro, a adequada seleção do substrato é de fundamental importância no crescimento e desenvolvimento das plantas, uma vez que se trabalha com recipientes de volume restrito, o que diminui a drenagem e a superfície de contato com a atmosfera, essencial para as trocas gasosas.

Por vezes, estão presentes nos substratos microrganismos patogênicos para a cultura, que podem causar doenças no sistema radicular que comprometem o normal desenvolvimento

da planta (LOPES et al, 2000). Entre os mais encontrados, Carlile (1991) cita o *Pythium*, *Phytophthora*, *Fusarium*.

Caso o substrato ou de um dos seus componentes apresentem existência de patógenos, pode-se proceder à sua eliminação através da submissão a tratamentos térmicos que incluem: pasteurização com vapor arejado, vaporização a 100 °C e solarização (HANDRECK e BLACK, 2010). As altas temperaturas destroem os patógenos mais comuns, fenômeno que se verifica também na fase termófila da compostagem.

Por outro lado, existem uma série de microrganismos que podem ser introduzidos no substrato e que são úteis por promover a supressão de agentes patogênicos (ex. microrganismos do gêneros *Trichoderma* e *Gliocladium*) ou úteis no posterior crescimento das plantas como a inoculação com microrganismos que estabelecem associações micorrízicas com as raízes das plantas (CARLILE, 1991; BRITO, 2012).

Alguns componentes da matéria orgânica, classificados sob o termo *fitotoxinas*, causam injúrias e eventualmente matam plantas quando presentes em substratos. (HANDRECK & BLACK, 1999). Muitas cascas e serragens utilizadas em compostagem contêm fitotoxinas, com variações de acordo com a espécie.

Para compor os substratos utilizados na produção agrícola, materiais orgânicos dos mais diversos têm sido aproveitados, sendo também uma solução para manejo de resíduos.

O material orgânico resultante da compostagem, utilizado como substrato para desenvolvimento de mudas de hortaliças, se apresenta características químicas e físicas adequadas, pode trazer como benefícios um maior desenvolvimento das raízes e da parte aérea das plantas.

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 Localização e Implantação do Experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), conhecido como Fazendinha Agroecológica, localizado em Seropédica-RJ, situado a 26 m de altitude (coordenadas 22° 45' S e 43° 40' W) (Figura 23).



**Figura 23:** Casa de vegetação no SIPA

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições, a saber: T1 – vermicomposto, T2 – Cetoniinaecomposto, T3 – esterco compostado (composto natural), sendo esses obtidos a partir de fezes de coelho e T4 – substrato utilizado no SIPA, constituído por 83% de húmus de minhoca produzido com esterco bovino + 15% de fino de carvão + 2% de torta de mamona. Cada tratamento foi acondicionado em bandejas de poliestireno com 200 células. Visando reduzir influências locais, as bandejas foram trocadas de lugar duas vezes por semana.

Utilizou-se mudas de alface da cultivar “Regiane”, as quais foram semeadas duas sementes peletizada por célula em 06/07/2016 (Figura 24).



**Figuras 24.** Semeadura da alface utilizando substratos produzidos a partir do esterco de coelho e substrato SIPA.

## 5.2 Avaliações das Características dos Substratos

Visando realizar a caracterização dos diferentes substratos foram coletadas amostras antes da implantação e no desenvolvimento do experimento, por meio de amostragens realizadas aos 0, 7, 14, 21 e 28 dias após a sementeira. Foram coletados substratos de quatro células, totalizando 50 ml de substrato para cada parcela. Essas amostras foram armazenadas em freezer para posterior análise. Foram avaliados pH e condutividade elétrica (CE), antes da implantação e no desenvolvimento do experimento. Além dessas, antes da implantação do experimento, também o teor total de C e teores totais, disponíveis e a proporção da fração disponível de N, Ca, Mg, P e K, a relação C/N e a porosidade dos substratos.

A análise de pH foi realizada em solução de água destilada (5:1 v/v) e a condutividade elétrica foi determinada no mesmo extrato aquoso. O teor de C foi quantificado por meio de analisador elementar. Os teores totais e disponíveis de N, Ca, Mg, K e P, foram avaliados conforme metodologia descrita no capítulo anterior.

Os valores de densidade e de porosidade total, microporosidade e macroporosidade foram calculados pelo método da mesa de tensão, utilizando anéis metálicos de 100 ml e tensão de 60 cm, conforme metodologia descrita por EMBRAPA (1997).

## 5.3 Avaliações das Mudanças de Alfaca

Foram avaliadas dez mudas por parcela quanto as seguintes características: porcentagem de germinação, altura da parte aérea, número de folhas, produção de massa fresca e seca de parte aérea e de raiz, volume de raiz e estabilidade do torrão. A porcentagem de germinação foi obtida por meio do número de sementes germinadas aos 07 dias após a sementeira. A altura da muda foi medida pela distância entre o colo da planta e a gema apical, com auxílio de régua milimetrada. Para determinar a massa fresca da parte aérea, as mudas foram seccionadas na região do colo da muda, separando a parte aérea da parte radicular. Para determinar a massa fresca e do volume de raiz, o sistema radicular foi lavado em água corrente, retirando-se qualquer resíduo de substrato eventualmente aderido. Em seguida, a raiz foi inserida em uma proveta de 10 ml quantificando-se o deslocamento de água.

A estabilidade do torrão (ET) foi avaliada através de método adaptado de Gruszynski (2002) e realizada avaliando-se quatro mudas por parcela. Foram atribuídas notas de 1 a 4, de acordo com a permanência do torrão no recipiente. A nota 1 corresponde ao substrato com mais baixa estabilidade e a nota 4 aquele de melhor estabilidade, conforme descrito a seguir:

- Nota 1: Baixa estabilidade, acima de 50% do torrão fica retido no recipiente, e o torrão não permanece coeso.
- Nota 2: Entre 10% e 30% do torrão fica retido no recipiente, sendo que o torrão não permanece coeso.
- Nota 3: O torrão se destaca do recipiente, porém não permanece coeso.
- Nota 4: Todo o torrão é destacado do recipiente e mais de 90% dele permanece coeso.

A análise estatística foi realizada por meio da aplicação inicial de teste de normalidade, sendo que os dados considerados não normais sofreram transformação por Log (x). A análise de variância foi realizada em delineamento blocos ao acaso com quatro tratamentos e quatro repetições. Quando o efeito dos tratamentos foi significativo ( $p \leq 0,05$ ) foi realizado o teste de médias de Scott-Knott.

## 6.RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 Caracterização dos Substratos

Os valores de CE entre 2,0 a 4,0  $\mu\text{S m}^{-1}$  são considerados altos para substratos, valores de 1,0 a 2,0  $\mu\text{S m}^{-1}$  são normais e menores que 1,0  $\mu\text{S m}^{-1}$  são considerados baixos (ARAÚJO NETO et al., 2009). Os valores de pH e de CE dos substratos estão apresentados na Tabela 4. Observa-se que o composto natural apresentou CE muito elevada, acima do limite máximo estabelecido na literatura para a produção de mudas de alface. A faixa de pH ideal para um substrato varia de acordo com a espécie a ser cultivada. Em geral, são considerados limites entre 5,5 e 6,5 como mais adequados, possibilitando disponibilidade de nutrientes (ANSORENA, 1994). Embora os valores de pH dos substratos foram mais altos do que os tecnicamente recomendáveis para desenvolvimento da maioria das plantas em substratos orgânicos (Tabela 4), não foi observado que isso tenha afetado o desenvolvimento das mudas,

A instrução normativa nº 25 do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2009) destaca que a relação C/N não deve ultrapassar a 20 e o teor de N total deve ser no mínimo de 5,0  $\text{g kg}^{-1}$  para compostos orgânicos. Desta maneira, todos os substratos utilizados neste trabalho atendem as exigências desta instrução normativa (Tabela 4).

**Tabela 4:** Valores de pH, condutividade elétrica (CE), teores de C e N (em  $\text{g kg}^{-1}$ ) e relação C:N dos substratos.

	pH	CE $\mu\text{S cm}^{-1}$	C ----- $\text{g kg}^{-1}$	N -----	C/N
T1 – Vermicomposto	7,66	1231	226,2	16,4	13,8
T2 – Cetoninaecomposto	7,85	1397	265,5	21,6	12,3
T3 – Composto Natural	8,07	2320	218,4	17,0	12,9
T4 – Substrato SIPA	8,84	1197	272,6	18,9	14,4

Os maiores teores de macronutrientes totais foram observados no substrato Cetoninaecomposto (Tabela 5), porém, de acordo com Caballero et al. (2007) citado por Oliveira (2011) o crescimento de plantas não depende apenas da composição elementar de um substrato, mas também de fatores que interferem na assimilação pelas raízes, como a densidade, salinidade e teor de pH, entre outros, fora dos parâmetros adequados.

**Tabela 5:** Teores totais de macronutrientes (N, Ca, Mg, P e K) dos substratos utilizados nos experimentos com mudas de alface.

	N	Ca	Mg ----- $\text{mg L}^{-1}$	P	K
T1 – Vermicomposto	6171	9473,8	3189,2	8022,1	3997,7
T2 – Cetoninae composto	8206	11622,8	4259,0	10244,0	5826,7
T3 – Composto Natural	6347	6928,8	2762,8	6547,6	5009,4
T4 – Substrato SIPA	7034	4620,3	2581,2	2021,2	4354,7

Verifica-se nas tabelas 6 e 7 que o substrato Cetoninae composto apresentou maiores teores disponíveis de N, P, Mg, K que os demais substratos.

**Tabela 6:** Teores disponíveis de macronutrientes (N, Ca, Mg, P e K) dos substratos utilizados nos experimentos com mudas de alface.

	N	Ca	Mg mg L <sup>-1</sup>	P	K
T1 – Vermicomposto	468,6	998,0	1055,8	6196,9	3472,8
T2 – Cetoninaecomposto	612,7	876,0	1244,2	6865,5	5425,0
T3 – Composto Natural	483,5	674,0	722,9	5487,3	4268,2
T4 – Substrato SIPA	202,5	900,0	748,4	1362,2	4224,8

**Tabela7:** Proporção (%) dos teores disponíveis de macronutrientes (N, Ca, Mg, P e K) em relação aos teores totais dos substratos utilizados nos experimentos com mudas de alface.

	N	Ca	Mg %	P	K
T1 – Vermicomposto	7,6	10,5	33,1	77,2	86,9
T2 – Cetoninaecomposto	7,5	7,5	29,2	67,0	93,1
T3 – Composto Natural	7,6	9,7	26,2	83,8	85,2
T4 – Substrato Sipa	2,9	19,5	29,0	67,4	97,0

Para Abad et al. (1993), um substrato ideal deve apresentar densidade volumétrica ou aparente inferior a 400 kg m<sup>-3</sup>. Fermino (2002) considera como referência para substratos utilizados em bandejas, valores de densidade entre 100 e 300 kg m<sup>-3</sup>; para vasos de até 15 cm de altura, de 250 a 400 Kg m<sup>-3</sup>; para vasos de 20 a 30 cm, de 300 a 500 Kg m<sup>-3</sup>; para vasos maiores, de 500 a 800 Kg m<sup>-3</sup>. Os valores de Densidade Aparente dos substratos variaram entre 286,98 kg m<sup>-3</sup> a 349,28 kg m<sup>-3</sup> se enquadrando dentro padrões estabelecidos para um substrato.

Os substratos vermicomposto, cetoniinaecomposto e SIPA proporcionam maior aeração, baixa densidade, o que eleva a macroporosidade a um nível desejável, já o composto natural apresenta alta densidade e maporosidade baixa comparada aos demais tratamentos (Tabela 8). Isto indica que a fragmentação do esterco causada pela ingestão das minhocas e larvas levam a formação de macro e microporos, favorecendo aeração e retenção de umidade adequada para os substratos.

Os valores de porosidade total do vermicomposto, cetoniinaecomposto e do substrato do SIPA ficaram acima de 70%, porém, abaixo do considerado ideal, pois, Kämpf (2001) considerou que um substrato ideal, para mudas desenvolvidas em bandejas multicelulares de poucos centímetros de altura, deve apresentar valores de porosidade total acima de 75%. A importância desse atributo está no estabelecimento da capacidade de regular o fornecimento de água e de ar às plantas, através da dimensão dos seus poros (HANDRECK & BLACK, 1999). Embora o composto natural tenha alcançado a porosidade total dentro dos valores ideais, a macroporosidade é muito baixa comparada aos demais tratamentos.

A densidade aparente está relacionada com a porosidade total. Materiais ou substratos com elevada densidade aparente possuirão diretamente um menor espaço entre partículas dificultando as trocas gasosas e a circulação de água.

**Tabela 8:** Valores de densidade aparente, densidade da partícula, porosidade total, microporosidade e macroporosidade dos substratos utilizados nos experimentos com mudas de alface.

	Densidade		Porosidade		
	Aparente ----- g dm <sup>-3</sup> -----	Partícula	Total	Micro ----- % -----	Macro
T1 – Vermicomposto	286,98	991,81	71,01	41,68	30,20
T2 – Cetoniinaecomposto	319,28	1109,29	71,20	39,91	31,30
T3 – Composto Natural	349,98	2062,33	83,04	60,63	22,41
T4 – Substrato SIPA	307,23	1207,72	74,02	47,88	26,14

## 6.2 Desenvolvimento das Mudanças de Alface em Diferentes Substratos

O número de folhas da alface variou entre 4,43 e 5,63 (Tabela 9) e a altura entre 7 e 9 cm, sendo os maiores valores obtidos com o Cetoniinaecomposto e o vermicomposto. Segundo Andriollo et al, (2003), a produção comercial das mudas de alface pode ser iniciada quando as plantas tiverem aproximadamente 5 folhas.

Já massa fresca da parte aérea da alface foi maior em cetoniinaecomposto, que os demais tratamentos. Observa-se que os teores de N disponível apresentados na tabela 5 são superiores em cetoniinaecomposto, podendo ter influenciado nos resultados, uma vez que, para alface, o N é o segundo elemento químico mais extraído (BENINNI et al., 2005). A adubação nitrogenada recomendada para a alface é em torno de 100 a 130 kg ha de N ou 40 a 60 t ha de esterco de curral (IAC, 2005).

O baixo desenvolvimento das mudas de alface no substrato do composto natural pode estar relacionado ao baixo percentual de macroporosidade e ao baixo teor de N disponível.

**Tabela 9:** Germinação, altura, número de folhas e massa fresca da parte aérea de mudas de alface produzidas com diferentes substratos orgânicos.

	Germinação %	Altura <sup>1</sup> -- cm --	Número de folhas	Massa fresca da parte aérea mg.planta <sup>-1</sup>
T1 – Vermicomposto	99,50 a	8,32 a	5,63 a	1242,8 b
T2 – Cetoniinaecomposto	97,50 a	9,05 a	5,50 a	1470,8 a
T3 – Composto Natural	69,00 b	4,98 c	4,88 b	563,5 d
T4 – Substrato SIPA	91,50 a	6,73 b	4,43 b	895,5 c
CV (%)	11,83	4,80	5,26	13,16

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5,0% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. 1- Dados transformados por Log(x).

Na avaliação da estabilidade do torrão, considerando a sua coesão ao retirar a muda da bandeja, obteve-se torrões mais estáveis no vermicomposto e no cetoniinaecomposto (tabela 10). Para Oyedele et al. (2006) o processo de ingestão de solo e resíduos orgânicos pelas minhocas leva à formação de coprólitos, que são agregados biogênicos estáveis e

resistentes a ciclos de umedecimento e secagem do solo. É possível que o mesmo tenha ocorrido com as fezes das larvas de Cetoniinae. Substratos com melhores estabilidade do torrão podem favorecer o pegamento a campo das mudas de alface evitando perdas.

**Tabela 10:** Massa fresca de raiz, volume de raiz e estabilidade do torrão de mudas de alface produzidas com diferentes substratos orgânicos.

	Massa fresca de raiz mg planta <sup>-1</sup>	Volume de raiz -- mL --	Estabilidade do torrão
T1 – Vermicomposto	300,3 a	2,62 a	3,44 a
T2 – Cetoniinaecomposto	295,8 a	2,66 a	3,31 a
T3 – Composto Natural	298,0 a	2,65 a	2,38 b
T4 – Substrato SIPA	305,0 a	2,68 a	2,13 b
CV (%)	1,78	1,58	12,96

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5,0% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

### 6.3. Variação do pH e da Condutividade Elétrica dos Substratos Durante o Desenvolvimento das Mudas de Alface

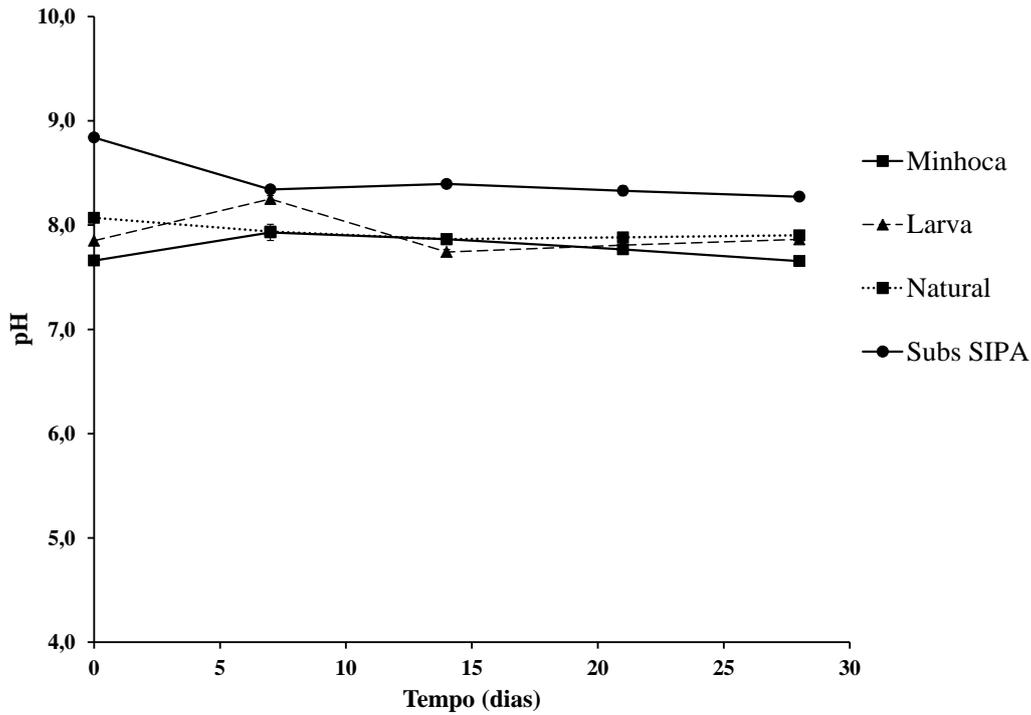
Os resultados da análise de variância estão apresentados na Tabela 11. Observa-se que tanto o pH, quanto a condutividade elétrica foram significativamente afetados pelos tratamentos, tempo de desenvolvimento das mudas e interação tratamento x tempo

**Tabela 11:** Resultados da análise de variância do esquema parcela dividida, com tratamento na parcela e tempo de desenvolvimento das mudas na sub-parcela, apresentado os níveis de significância de cada fator e da interação entre os fatores, e os coeficientes de variação das parcelas e das sub-parcelas.

	Nível de significância			CV%	
	Tratamento (Tr)	Tempo (Te)	Interação (Tr x Te)	Parc.	Sub-Parc.
pH	<0,001 **	<0,001 **	<0,001 **	0,85	0,98
Condutividade elétrica	<0,001 **	<0,001 **	<0,001 **	20,29	11,63

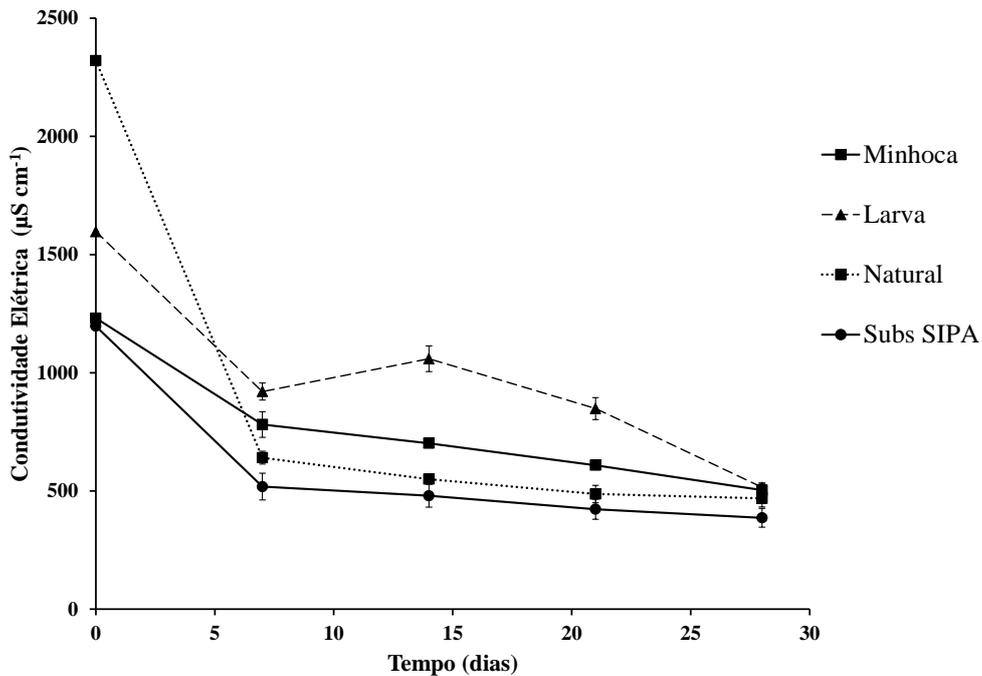
\*\* : significativo ao nível de 1,0%; \* : significativo ao nível de 5,0%; ns: não significativo.

Observa-se que o pH dos substratos se manteve acima do recomendado para a produção de hortaliças. Ansorena Miner (1994) e Baumgarten (2002) consideram que a faixa de pH ideal para um substrato varia muito de acordo com a espécie a ser cultivada, mas, pode-se considerar como de 5,5 a 6,5, onde ocorre a disponibilidade da maioria dos nutrientes porém o resultado obtido nessa pesquisa corrobora com os obtidos por Costa (2014), onde relata que a alface é uma espécie adaptada a solos alcalinos.



**Figura 25:** Valores de pH observados em diferentes substratos durante o desenvolvimento de mudas de alface (média de quatro repetições + erro padrão).

Observa-se que ao longo do desenvolvimento das mudas de alface todos os substratos apresentavam valores de CE baixos em relação aos valores de referência, pois segundo Araújo Neto et al (2009) os valores de CE entre  $1000$  a  $2000 \mu\text{S cm}^{-1}$  são normais e menores que  $1000 \mu\text{S cm}^{-1}$  são considerados baixos.



**Figura 26:** Valores de condutividade elétrica (CE) observados em diferentes substratos durante o desenvolvimento de mudas de alface. (Média de quatro repetições + erro padrão).

Um ponto positivo no uso dos substratos a partir da compostagem de esterco de coelho é que não houve necessidade de controle de plantas espontâneas na produção de mudas. Tal fato pode estar relacionado com a alimentação dos coelhos à base de ração e assim não conter sementes, como ocorre normalmente no esterco bovino, muito utilizado em vermicompostagem. Franch (2000) aponta que uma limitação do vermicomposto para utilização como substrato é a ocorrência de ervas espontâneas, sendo que seu emprego na composição de substratos fica na dependência de tratamentos prévios, como a solarização, necessários à inativação do banco de sementes e de possíveis contaminações com fitopatógenos .

## 7. CONCLUSÕES

A utilização de compostos orgânicos produzidos a partir de esterco de coelho, utilizando-se larvas de besouro (cetoniinae composto) ou minhocas (vermicomposto), demonstra ser uma boa alternativa de uso como substrato para produção de mudas de alface.

O cetoniinae composto possibilitou maior incremento de massa seca da parte aérea das mudas de alface em decorrência da maior liberação de nutrientes. Ambos os compostos foram eficientes na produção de folhas das mudas, bem como proporcionaram estabilidade do torrão, fator importante na produção de mudas de hortaliças,

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- ABAD, M.; MARTINEZ, P. F.; MARTINEZ, J. Evaluación agrónomica de los sustratos de cultivo. Actas de Horticultura, Villaviciosa, Espanha, v. 11, p.141-154, 1993.
- ABAD, M., NOGUERA, P., CARRIÓN, C. Sustratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. In: Fertirrigación, Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. Coord. C.Cadahía, Mundi-Prensa, Madrid, pp 299-354. 2005.
- ALCARDE, J. C.; VALE, F. Solubilidade de micronutrientes contidos em formulações de fertilizantes, em extratores químicos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 363-372, mar./abr. 2003.
- ANDRIOLO, J. L.; DUARTE, T. da. S.; LUDKE, L.; SKREBSKY, E. C. Crescimento e desenvolvimento do tomateiro cultivado em substrato com fertirrigação. Horticultura Brasileira. Brasília, v. 15, n. 1, p. 29-32, 2003.
- ANSORENA, J.M. Sustratos: Propriedades y caracterización. Mundi-Prensa, Madrid, 1994, 172p.
- ARAÚJO NETO, S.E.; AZEVEDO, J.M.A.; GALVÃO, R.O.; OLIVEIRA, E.B.L.; FERREIRA, R.L.F. Produção de muda orgânica de pimentão com diferentes sustratos. Ciência Rural, v.39, n.5, 2009.
- BACKES, M. A.; KÄMPF, A. N. Sustratos à base de composto de lixo urbano para a produção de plantas ornamentais. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 26, n. 4/5 p. 753-758, 1991.
- BAUMGARTEN, A. Methods of chemical and physical evaluation of substrates for plants. Anais do III Encontro Nacional Sobre Substrato Para Plantas, Campinas, Brasil, p.7-15. 2002.
- BENINNI, E. R. Y.; HIDEAKI, W. T.; NEVES, C. S.V.J. Concentração e acúmulo de macronutrientes em alface cultivada em sistemas hidropônico e convencional. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 26, n. 3, p. 273-282, 2005.
- BEOZZI, Sara. Valorização de resíduos orgânicos na formulação de sustratos alternativos à turfa para a produção de plantas aromáticas envasadas em modo de produção biológico. ISA/UTL. Tese de Doutorado. 2013.
- BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (ed). Impacto Ambiental do Uso Agrícola do Lodo de Esgoto. Jaguariúna, SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p.259 – 268
- BRAZÃO, M. G. Manual de informações técnicas. Hortec Tecnologia de sementes Ltda. Indaiatuba, SP. p. 87, 2006.
- BURÉS, S. Sustratos. Madrid: Ediciones Agrotécnicas, 1997. 341 p. BURÉS, S. Sustratos. Madrid: Ediciones Agrotécnicas, 1997. 341 p.
- BRITO, L. M. Características dos sustratos para Horticultura. Agrotec 2: 32-38. 2012
- CADAHIA, C. Fertirrigacion: cultivos hortícolas y ornamentales. Madrid. Mundi- Prensa, 1998.475p.
- CABALLERO, R. Iron chlorosis in gerber as related to properties of various types of compost used as growing media. Communications in Soil Science and Plant Analysis, Philadelphia, v. 38, p. 2357–2369, 2007.

CARLILE, W. R., Wilson, D. P. Microbial activity in growing media– a brief review. *Acta Horticulturae*294:197-206. 1991.

CARNEIRO, J.G.A. Produção e controle de qualidade de mudas florestais. Curitiba: FUPEF, 1995. 451 p.

CARVALHO, G. R. Germinação de sementes e aclimatização de plântulas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) propagadas "in vitro". Tese de Doutorado. Universidade Federal de Lavras. 1997.

DA SILVA, E. A.; MENDONÇA, V; TOSTA M. S.; OLIVEIRA, A. C. ; REIS , L. L.; BARDIVIESSO, D. M. Germinação da semente e produção de mudas de cultivares de alface em diferentes substratos. *Semina-ciencias Agrarias*. Londrina: Universidade Estadual de Londrina (UEL), v. 29, n. 2, p. 245-254, 2008. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/42488>

EMBRAPA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, RJ. 1997. 212p.

FERMINO, M. A. O uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes e substratos. In: FURLANI, A. M. C. Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas. Campinas Instituto Agrônômico, 2002. p.29-37 (Documentos IAC, 70).

FILGUEIRA F.A.R. Novo Manual de Olericultura. Viçosa: UFV. 402p. 2000.

FRANCH, CMC. Sistema orgânico para produção de beterraba (*Beta vulgaris* L.). Seropédica: 2000. 140 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2000.

FREITAS, G. A.; SILVA, R. R.; BARROS, H. B.; MELO, A. V.; ABRAHÃO, W. A. P. Produção de mudas de alface em função de diferentes combinações de substratos. *Revista Ciência Agrônômica*, v.44, p.159-166, 2013.

FURLAN. F; COSTA, M.; COSTA, L. A.; MARINI, D.; CASTOLDI, G.; SOUZA, J.; PIVETTA, L. Substratos alternativos para produção de mudas de couve em sistema orgânico. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v.2, n.2, p.1689, 2007.

GAO, M., LI, B., YU, A., LIANG, F., YANG, L.,SUN, Y. The effect of aeration rate on forced aeration composting of chicken manure and sawdust. *Bioresource Technology*. 101, 1899–1903. 2010

GÓMEZ-BRANDÓN, M., LAZCANO, C., DOMÍNGUEZ, J., 2008. The evaluation of stability and maturity during the composting of cattle manure. *Chemosphere*. 70, 436-444.

GRUSZYNSKI, C. Resíduo agro-industrial "casca de tungue" como componente de substrato para plantas, 2002. 100f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

HANDRECK, K.; BLACK, N. Growing media for ornamental plants and turf. Sydney: University of New South Wales Press, 1999. 448 p.

HANDRECK, K., BLACK, N. Growing media for ornamental plants and turf.University of New South Wales Press Ltd. Sydney. 551 pp. 2010.

- HIGUTI, A. R. O.; SALATA, A.C.;GODOY, A.R.; CARDOSO, A.I.I.Produção de mudas de abóbora com diferentes doses de nitrogênio e potássio. *Bragantia*, Campinas, v. 69, n. 2, 2010.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS (IAC. Hortaliças: alface. Disponível em <http://www.iac.sp.gov.br/Tecnologias/Alface/Alface>. (Acesso em 09/10/16).
- KAMPF, A. N. Produção comercial de plantas ornamentais. Guaíba: Agropecuária, 254 p. 2000.
- KÄMPF, A.N. Análise física de substratos para plantas. Viçosa: SBCS. 2001. v. 26, p.5-7 (Boletim Informativo).
- KOEFENDER, R. B. Hidroponia – como instalar e manejar o plantio de hortaliças dispensando o uso do solo. São Paulo: Nobel, 102 p. 1998.
- LEAL, M. A.; GUERRA, J. G. M.; PEIXOTO, R. T.; ALMEIDA, D. L. Utilização de compostos orgânicos como substratos na produção de mudas de hortaliças. *Hortic. bras*, 25(3). 2007.
- LEMAIRE, F. Physical, chemical and biological properties of growing médium. *Acta Horticulturae* 396: 273-284. 1995.
- LOPES, C. A., da SILVA, J. B. C., & GUEDES, I. M. R. Doenças em cultivos hidropônicos e medidas de controle. Embrapa Hortaliças-Comunicado Técnico (INFOTECA-E). 2000.
- LOURES, J. L.; FONTES, P. C. R.; SEDIYAMA, M. A. N.; CASALI, V. W. D.; CARDOSO, A. A. Produção e teores de nutrientes no tomateiro cultivado em substrato contendo esterco de suíno. *Horticultura Brasileira*, v. 16, n. 1, p. 50-55, 1998.
- MENEZES JÚNIOR FOG; FERNANDES HS; MAUCH CR; SILVA JB. 2000. Caracterização de diferentes substratos e seu desempenho na produção de mudas de alface em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira* 18:164-170.
- MINAMI, K. Produção de mudas de alta qualidade em horticultura. São Paulo: T.A. Queiroz, 1995.
- OLIVEIRA, E.A.G. Desenvolvimento de substratos orgânicos, com base na vermicompostagem, para produção de mudas de hortaliças em cultivo protegido. Seropédica: UFRRJ, 65p. 2011. Dissertação mestrado).
- OYEDELE, D.J.; SCHJONNING, P.; AMUSAN, A.A. Physicochemical properties of earthworm casts and undigested parent soil from selected sites in southwestern Nigeria. *Ecological Engineering*, v.28, p.106-113, 2006.
- PENTEADO, S. R. Introdução à agricultura orgânica – normas e técnicas de cultivo. Campinas: Grafimagem, p. 113, 2000.
- SANTOS, A. C. P.; BALDOTTO, P. V.; MARQUES, P. A. A.; DOMINGUES, W. L., & PEREIRA, H. L. Utilização de torta de filtro como substrato para a produção de mudas de hortaliças. In *Colloquium Agrariae* (Vol. 1, No. 2, pp. 01-05). 2006
- SETUBAL, J. W. ; AFONSO NETO, F. Efeito de substratos alternativos e tipos de bandejas na produção de mudas de pimentão. *Horticultura Brasileira*, v.18, p. 593-594, 2000.
- SILVA JÚNIOR, A. A.; VISCONTI, A. Recipientes e substratos para a produção de mudas de tomate. *Agropecuária Catarinense*, Florianópolis, v. 4, n. 4, p. 20 - 23, 1991.

SILVA, F. C. (org.). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2.ed. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2009. 627 p.

SOUZA, M.M.; LOPES, L.C.; FONTES, L.E.F. Avaliação de substratos para o cultivo de crisântemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat., Compositae) "White Polaris" em vasos. Revista Brasileira de Horticultura Ornamental, Campinas, v. 1, n. 2, p. 71 - 77, 1995.

STURION, J. A.; ANTUNES, J. B. M. Produção de mudas de espécies florestais. In: GALVÃO, A. P. M. Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais. Brasília: Embrapa, 2000. p. 125-150.

WENDLING, I.; GATTO, A.. Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas. Viçosa: UFV, 2002. 165p.